




DECLARATION

I, Yasuhito Kajikawa, a member of Intertec Corporation of Toranomon Akiyama bldg., 22-13, Toranomon 1-chome, Minato-ku, Tokyo, Japan do solemnly and sincerely declare that I well understand the Japanese language and English language and the attached English version is full, true and faithful translation of the Japanese Patent Application No. 2000-152663.

And I made this solemn declaration conscientiously believing the same to be true.

This 25th day of January, 2007


Yasuhito KAJIKAWA

【書類名】 特許願
 【整理番号】 D99010951A
 【提出日】 平成 12 年 5 月 18 日
 【あて先】 特許庁長官殿
 【国際特許分類】 G06T 7/00
 【発明の名称】 欠陥分類方法及びその装置
 【請求項の数】 23
 【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内
 【氏名】 中垣 亮
 【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内
 【氏名】 高木 裕治
 【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内
 【氏名】 小原 健二
 【発明者】
 【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市市毛 8 8 2 番地 株式会社日立製作所計測器グループ内
 【氏名】 小沢 康彦
 【発明者】
 【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市市毛 8 8 2 番地 株式会社日立製作所計測器グループ内
 【氏名】 黒崎 利榮
 【発明者】
 【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市市毛 8 8 2 番地 株式会社日立製作所計測器グループ内
 【氏名】 平井 大博
 【特許出願人】
 【識別番号】 000005108
 【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所
 【代理人】
 【識別番号】 100075096
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 作田 康夫
 【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 013088
 【納付金額】 21,000 円
 【提出物件の目録】
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【プルーフの要否】 要
 【書類名】 明細書
 【発明の名称】 欠陥分類方法及びその装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検査対象を撮像して得た画像を用いて前記被検査対象の欠陥を分類する欠陥分類方法であって、

被検査対象を撮像し、

該撮像により得た画像から欠陥候補の画像を抽出し、

該抽出した欠陥候補の画像を第 1 のカテゴリで分類し、

前記抽出した欠陥候補の画像を第 2 のカテゴリで分類し、

前記抽出した欠陥候補の画像と該欠陥候補に関する前記第 1 のカテゴリによる分類の情報と前記第 2 のカテゴリによる分類の情報とを同一の画面上に表示することを特徴とする欠陥分類方法。

【請求項 2】

前記被検査対象を撮像することを、該被検査対象に集束させた電子ビームを照射して走査し、該照射により被検査対象から発生する 2 次電子を前記走査と同期させて検出することにより行うことを特徴とする請求項 1 記載の欠陥分類方法。

【請求項 3】

前記第 1 のカテゴリまたは前記第 2 のカテゴリのいずれかが、欠陥の致命性に関するものであることを特徴とする請求項 1 記載の欠陥分類方法。

【請求項 4】

前記第 1 のカテゴリまたは前記第 2 のカテゴリのいずれかが、欠陥の種類であることを特徴とする請求項 1 記載の欠陥分類方法。

【請求項 5】

前記欠陥の種類が、異物欠陥、傷欠陥、配線ショート欠陥、配線オープン欠陥を含むことを特徴とする請求項 3 記載の欠陥分類方法。

【請求項 6】

被検査対象を撮像して得た画像を用いて前記被検査対象の欠陥を分類する欠陥分類方法であって、

被検査対象を撮像し、

該撮像により得た画像から欠陥候補の画像を抽出し、

該抽出した欠陥候補の画像を欠陥の種類毎に分類し、

該種類毎に分類したそれぞれの欠陥候補の致命性を判定し、

前記欠陥候補の画像を前記欠陥の種類と前記致命性に関する情報とともに画面上に表示する

ことを特徴とする欠陥分類方法。

【請求項 7】

前記被検査対象を撮像することを、該被検査対象に集束させた電子ビームを照射して走査し、該照射により被検査対象から発生する 2 次電子を前記走査と同期させて検出することにより行うことを特徴とする請求項 6 記載の欠陥分類方法。

【請求項 8】

前記分類する欠陥の種類として、前記欠陥の種類が、異物欠陥、傷欠陥、配線ショート欠陥、配線オープン欠陥を含むことを特徴とする請求項 6 記載の欠陥分類方法。

【請求項 9】

被検査対象を撮像して得た画像を用いて前記被検査対象の欠陥を分類する欠陥分類方法であって、

被検査対象を撮像し、

該撮像により得た画像から欠陥候補の画像を抽出し、

該抽出した欠陥候補の画像を第 1 のカテゴリで分類し、

前記抽出した欠陥候補の画像を第2のカテゴリで分類し、

前記第1のカテゴリで分類した前記欠陥候補の前記被検査対象上の分布と前記第1のカテゴリによる分類の情報と前記第2のカテゴリにより分類した結果の情報を同一の画面上に表示することを特徴とする欠陥分類方法。

【請求項10】

前記被検査対象を撮像することを、該被検査対象に集束させた電子ビームを照射して走査し、該照射により被検査対象から発生する2次電子を前記走査と同期させて検出することにより行うことを特徴とする請求項9記載の欠陥分類方法。

【請求項11】

前記画面上に、更に前記欠陥候補の画像を表示することを特徴とする請求項9記載の欠陥分類方法。

【請求項12】

前記画面上に表示する第2のカテゴリにより分類した結果の情報が、前記被検査対象の予測歩留りに関する情報であることを特徴とする請求項9記載の欠陥分類方法。

【請求項13】

被検査対象を撮像する撮像手段と、
該撮像手段で撮像して得た画像から欠陥候補の画像を抽出する欠陥候補抽出手段と、

該欠陥候補抽出手段で抽出した欠陥候補の画像を第1のカテゴリに分類する第1のカテゴリ分類手段と、

前記欠陥候補抽出手段で抽出した欠陥候補の画像を第2のカテゴリに分類する第2のカテゴリ分類手段と、

前記欠陥候補の画像と前記第1のカテゴリ分類手段で分類した前記欠陥候補の第1のカテゴリ情報と前記第2のカテゴリ分類手段で分類した前記欠陥候補の第2のカテゴリの情報とを出力する出力手段と
を備えたことを特徴とする欠陥分類装置。

【請求項14】

前記撮像手段は、前記被検査対象に集束させた電子ビームを照射して走査する電子ビーム光学系手段と、該電子ビーム光学系手段により電子ビームが照射された被検査対象から発生する2次電子を前記走査と同期させて検出する検出手段と、該検出手段で検出した2次電子の信号に基づいて前記被検査対象の2次電子像を形成する画像形成部とを備えていることを特徴とする請求項13記載の欠陥分類装置。

【請求項15】

前記第1のカテゴリ分類手段または前記第2のカテゴリ分類手段のいずれかが、前記欠陥候補を欠陥の致命性に関するカテゴリに分類することを特徴とする請求項13記載の欠陥分類装置。

【請求項16】

前記第1のカテゴリ分類手段または前記第2のカテゴリ分類手段のいずれかが、前記欠陥候補を欠陥の種類に関するカテゴリに分類することを特徴とする請求項13記載の欠陥分類装置。

【請求項17】

前記欠陥の種類が、異物欠陥、傷欠陥、配線ショート欠陥、配線オープン欠陥を含むことを特徴とする請求項16記載の欠陥分類装置。

【請求項18】

被検査対象を撮像する撮像手段と、

該撮像手段で撮像して得た前記被検査対象の画像から欠陥候補の画像を抽出する欠陥候補抽出手段と、

該欠陥候補抽出手段で抽出した欠陥候補の画像を第1のカテゴリに分類する第1のカテゴリ分類手段と、

前記欠陥候補抽出手段で抽出した欠陥候補の画像を第2のカテゴリに分類する第2のカテゴリ分類手段と、

前記欠陥候補の画像と前記第1のカテゴリ分類手段で分類した前記欠陥候補の前記被検査対象上の分布と前記第1のカテゴリ情報と前記第2のカテゴリ分類手段で分類した結果の情報とを同一の画面上に出力して表示する出力手段とを備えたことを特徴とする欠陥分類装置。

【請求項19】

前記撮像手段は、前記被検査対象に集束させた電子ビームを照射して走査する電子ビーム光学系手段と、該電子ビーム光学系手段により電子ビームが照射された被検査対象から発生する2次電子を前記走査と同期させて検出する検出手段と、該検出手段で検出した2次電子の信号に基づいて前記被検査対象の2次電子像を形成する画像形成部とを備えていることを特徴とする請求項18記載の欠陥分類装置。

【請求項20】

前記第1のカテゴリ分類手段は、前記欠陥候補を欠陥の種類で分類することを特徴とする請求項18記載の欠陥分類装置。

【請求項21】

前記欠陥の種類が、異物欠陥、傷欠陥、配線欠陥、電位コントラスト欠陥を含むことを特徴とする請求項20記載の欠陥分類装置。

【請求項22】

前記第2のカテゴリ分類手段は、前記欠陥候補を、欠陥の致命性で分類することを特徴とする請求項18記載の欠陥分類装置。

【請求項23】

前記出力手段は、前記第2のカテゴリ分類手段で分類した結果の情報として、製品の歩留りに関する情報を前記画面上に出力することを特徴とする請求項18記載の欠陥分類装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は半導体製品の製造工程において、半導体ウェハの欠陥を検出し、その検出した欠陥を分類する方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体製品の製造工程においては、高い製品歩留まりを確保するために、その製造工程で発生する各種の欠陥を早期に発見し対策を行うことが必要である。これは通常の場合、以下のステップにより行われる。(1) 検査対象となる半導体ウェハを、ウェハ外観検査装置もしくはウェハ異物検査装置等により検査し、発生した欠陥や付着した異物の場所(ロケーション)を検出する。(2) 検出された欠陥を観察し(これをレビューと呼ぶ)その欠陥をその発生原因別に分類する。尚、このレビュー作業は、通常欠陥部位を高倍率で観察するための顕微鏡などを持つレビュー専用装置が用いられるが、レビュー機能を備えた他の装置例えば外観検査装置等を用いる場合もある。(3) 各原因ごとにその対策手段を講じる。

【0003】

検査装置により検出される欠陥数が非常に多い場合には、上記レビュー作業は大変な労力を必要とすることから、欠陥部位の画像を自動撮像し欠陥画像を自動で収集する自動レビュー（Automatic Defect Review）及び、収集された画像を自動で分類する欠陥自動分類（Automatic Defect Classification）の機能を有するレビュー装置の開発が近年盛んである。特開平 10-135288 には、このような自動レビューおよび欠陥自動分類機能を有するレビュー装置および製造システムについて開示されている。本従来技術では、分類カテゴリや各カテゴリに属する欠陥の情報等を教示データとして予め登録しておく。そして自動分類時に、各欠陥の帰属カテゴリがその教示データを参照して決定される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかし上記の従来技術では、分類すべきカテゴリを教示データとして保持しておくことが前提となっている。教示データの作成には、各カテゴリに属する欠陥の欠陥画像を収集し画像処理により特徴量を計算しそのデータを登録する必要がある。そのため教示データの作成に労力および時間を要するという問題があった。

【0005】

ところで、発生する欠陥はそのすべてが最終製品の良品・不良品の判定に影響を与えるとは限らない。例えば、パターンの表面に異物が付着していても、その変化が回路の電気的特性に影響を与えないならば、この付着異物が不良品の原因になると断定することができない。上記の従来技術では、各欠陥を、付着異物、パターンの欠けといった欠陥の外観別にカテゴリ分類しており、この結果欠陥の発生原因の対策に有用な情報が得られるものの、その欠陥が製品にとって致命的であるのか否かの判定や、製品に致命となる欠陥の発生状況の調査や、その結果を用いたそのウェハからの取得される良品の数の予測（歩留まり予測）を行うことができないという問題があった。

【0006】

本発明の目的は、上記従来技術における課題を解決して、欠陥の発生原因の特定に有用な情報を与えるための欠陥分類とは別個に欠陥の致命性に関する情報を与えるための欠陥分類を行い、それらの情報を出力する欠陥の自動分類方法及びその装置を提供することに有る。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明では、被検査対象を撮像して得た画像を用いて前記被検査対象の欠陥を分類する欠陥分類方法において、被検査対象を撮像し、この撮像により得た画像から欠陥候補の画像を抽出し、この抽出した欠陥候補の画像を欠陥の種類毎に分類し、この種類毎に分類したそれぞれの欠陥候補の致命性を判定し、欠陥候補の画像を欠陥の種類と致命性に関する情報とともに画面上に表示するようにした。

【0008】

また、本発明では、欠陥分類装置を、被検査対象を撮像する撮像手段と、この撮像手段で撮像して得た画像から欠陥候補の画像を抽出する欠陥候補抽出手段と、この欠陥候補抽出手段で抽出した欠陥候補の画像を第1のカテゴリに分類する第1のカテゴリ分類手段と、欠陥候補抽出手段で抽出した欠陥候補の画像を第2のカテゴリに分類する第2のカテゴリ分類手段と、欠陥候補の画像と第1のカテゴリ分類手段で分類した欠陥候補の第1のカテゴリ情報と第2のカテゴリ分類手段で分類した欠陥候補の第2のカテゴリの情報とを出力する出力手段とを備えて構成した。

【0009】

【発明の実施の形態】

以下本発明の実施の形態について具体的に説明する。

【0010】

図1は、半導体の欠陥検査システムの構成を示している。半導体ウェハはその製造工程で生じる欠陥や付着する異物を検出するために外観検査装置101や異物検査装置102を用いて検査される。以降の説明では、これらの欠陥検査を行う装置を総称して検査装置と呼ぶこととする。

【0011】

検査装置ではウェハの表面に形成されるパターンの不具合、例えばパターンの断線（オープン）やそのパターンとその隣接パターンとの短絡（ショート）や、表面に付着した異物が検出され、検査結果としてそのウェハ内での各欠陥の座標位置が出力される。出力される検査結果は検査装置よりフロッピーディスクなどの記憶媒体を経由してまたはネットワーク103を経由してデータベース104に格納される。データベース104では製造されるさまざまな品種およびそれらの各製造工程での検査データを保持し、必要に応じて製品毎や工程別、製造ロット別などの検査結果データを取り出すことが可能である。

【0012】

次に、検出された欠陥の内容を調べるために、欠陥の観察作業（レビュー作業）が行われる。

【0013】

レビュー装置105には、通常の場合微小な欠陥の観察を行う為の光学式顕微鏡又は電子線式の電子顕微鏡が搭載されている。また、レビュー装置はウェハを装着するステージを有し、オペレータが検査結果の中から観察したい欠陥を選び指定すると、その欠陥が顕微鏡の観察視野内に入るように自動でステージが移動する機能を持つ。なお、レビューはこの様なレビュー専用装置ではなく、上記のレビュー機能を有する外観検査装置を用いることもある。

【0014】

レビュー装置105には、外観検査装置により検査が終了した半導体ウェハがセットされ、その検査結果がネットワーク103を通じてデータベース104より読み込まれる。人手によりレビューを行う場合は、通常の場合オペレータがキーボードやマウスなどの入力手段から観察した欠陥を指定し、その欠陥を顕微鏡により観察する。オペレータは目視によりその欠陥の属性（カテゴリ）を判断しそのコード等を入力する。

【0015】

レビュー装置105において、各欠陥に設定されたカテゴリコードは、ネットワーク103を通じデータベース104に記憶される。このカテゴリコードを利用することにより、製品別、工程別、時期別などで見たカテゴリ毎の欠陥数等の欠陥の発生状況を把握し欠陥原因対策に必要なデータを得ることができる。なお、上記のレビュー作業を人手で行う場合は、これらの作業が多大な時間と労力を必要とすることから、検査装置が検出した欠陥のすべてに対して行うのではなく何らかの方法により観察する欠陥を一部の欠陥に絞りその欠陥のみを対象として行うのが通常である。

【0016】

ところで、近年上記で説明した観察欠陥の指示、ステージの移動、欠陥部位の画像の取得を連続的に自動で行う自動レビュー機能(Automatic Defect Review 以下 ADR)を備えたレビュー装置が開発されている。また、この自動レビューによる欠陥部位の画像データを用いてその欠陥カテゴリを自動判定し出力する欠陥自

動分類 (Automatic Defect Classification 以下 ADC) 機能を有するレビュー装置が開発されている。以下の説明では、レビューのための画像撮像装置として数 nm(ナノメートル)の高解像度での欠陥撮像が可能な SEM(Scanning Electron Microscopy)を用いたレビュー装置を例に用いることにするが、光学式の顕微鏡を用いたレビュー装置にもその内容を適用することが可能である。

【0017】

図2は、ADR の処理フローの1例を示している。まず、レビュー装置のステージに検査ウェハが搭載され、検査結果が読み込まれる。次にオペレータが ADR する欠陥を検査装置から得た検査結果の中から選び指定する。ADR のスループットが高速でかつ、検出された欠陥データが少ない場合は、全欠陥を ADR することができる。

【0018】

レビュー装置は、指定された欠陥の中から一つを選択し概欠陥位置が観察系の視野内に入るようにステージを移動させる。そして画像撮像のために最適となるフォーカスが設定され画像が撮像される。この画像を欠陥画像と呼ぶこととする。撮像された欠陥画像はレビュー装置内の記憶媒体 (例えば磁気ディスク) に記憶される。

【0019】

次に、ステージを移動させウェハ内の欠陥部位が存在する半導体チップに隣接するチップの同部位の画像を撮像する。この部位は欠陥部位と同じパターンが形成された部位であり、この画像を欠陥画像に対する参照画像と呼ぶこととする。参照画像もレビュー装置内の記憶媒体に記憶される。参照画像の撮像が終わると、次の欠陥に対し上で述べたのと同様に欠陥画像及び参照画像の撮像が行われる。これらの処理は ADR すべき全欠陥だけ繰り返された後終了する。

【0020】

図3は、ADC 処理の流れの1例を示している。ADC は ADR で取得した欠陥画像と参照画像を用いてその欠陥のカテゴリを自動決定する処理である。まず欠陥画像と参照画像から欠陥部位を特定する。具体的には、欠陥画像と参照画像を差演算することで差画像を生成する。この結果、欠陥画像と参照画像で違いがある部位のみが差画像に現れ、この部位が欠陥部位を表す。次のこの差画像及び欠陥画像及び参照画像を用いて欠陥の特徴量を計算する。特徴量とは欠陥の大きさや形状、画像上のコントラストなどを数値で定量的に表現したものである。次に特徴量データを用いて欠陥カテゴリを決定する自動分類処理が行われる。

【0021】

自動分類処理のためには、通常教示データが必要になる。これはレビュー装置に対し分類すべきカテゴリを教示することで作成されるデータである。この教示データの作成のためには、先ず、分類すべきカテゴリのサンプル欠陥を事前に複数毎収集する。次にそれらの教示サンプルに対し自動分類に用いるのと同じ特徴量を計算する。そして分類カテゴリ毎にこれらの特徴量を記憶する。この分類カテゴリとは、例えば、異物欠陥、傷欠陥、パターンショート、パターンオープンなどの様に、その欠陥の外観の違いから定義されるカテゴリである。

【0022】

自動分類処理時には、分類対象欠陥の特徴量データが教示データに記憶された各分類カテゴリの特徴量にどれだけ類似しているかが計算され、最も類似していると判定された欠陥カテゴリがその分類対象欠陥のカテゴリとして出力される。この類似度の計算の1手法として、従来技術である特開平 10-135288 に開示された方法を挙げることができる。

【0023】

図 1、2、3 に示した従来の技術による ADR、ADC では以下の問題がある。まず、分類すべきカテゴリが、欠陥の外観を基準として定義されていることにある。欠陥の外観が異なればその発生原因が異なることが考えられるため、欠陥の外観によりカテゴリ分類することで欠陥の原因対策を援用できるからである。

【0024】

しかし、この方法だと ADR 及び ADC の目的として近年要求の高まっている歩留まり予測を実現することができない。歩留まり予測とは、現在の検査ウェハからどれだけの良品が取得できるかを予測することを意味する。半導体製造プロセスは数多くの工程からなっており、検査の結果そのウェハ上に致命欠陥が多く存在している場合は、そのウェハを廃棄し新たに製造し直すほうが結果的に低コストになる場合がある。

【0025】

ここで「致命欠陥」とは、その欠陥が存在するチップを最終的に不良品にする欠陥をいうものとする。この歩留まり予測の結果と、製造すべき製品の個数および納期を突き合わせることで、次に着工を開始する製品の数を決定することができる。この目的のためには ADR、ADC により各欠陥の致命性を自動判定しそのウェハの製品歩留まりを予測することが必要になる。この致命性をもとにしたカテゴリ分類とは上記の欠陥外観によるカテゴリ分類とは別の尺度によるものである。

【0026】

また従来の技術による ADC では、教示データの作成が必須となっている。分類の正解率を高くするためには、さまざまなバリエーションのサンプル欠陥を多量に収集し登録しておく必要がある。しかし半導体の製品サイクルの短期化が近年著しく、十分なサンプル欠陥の収集に時間を割くことは困難であるのが現実である。以上に述べたことから、欠陥の外観による分類と欠陥の致命性という異なる基準による自動分類を実現しかつ教示データの作成の労力を必要としない ADR、ADC 機能が必要であり、これらの課題を解決するための本発明を以下に説明する。

【0027】

図 4 は、本発明にかかる画像自動分類装置による分類処理のシーケンス、図 5 (a) は本発明にかかる画像自動分類装置の全体構成を、図 5 (b) は画像撮像部の構成を示したものである。

【0028】

本装置は、画像撮像部 501、全体制御部 502、画像分類部 503、画像記憶部 504、入出力部 505 からなる。まず、対象ウェハ 551 がステージ 552 に搭載され、また当該ウェハについての検査結果が通じて全体制御部 502 に読み込まれる。次に検査結果の欠陥の中からオペレータが ADR を行う欠陥を入出力部 505 を通じて任意の数指定する。指定された内容は全体制御部 502 に記憶される。

【0029】

ADR が開始されると、ADR 対象の各欠陥について装置の視野内に欠陥が位置決めされるようにステージが移動し欠陥部位の画像が撮像される。

【0030】

図 5 (b) は電子線式の画像撮像系を示している。553 電子銃より照射された電子ビーム 555 は、集束レンズ 554 によって集束され、また、偏向器 556 によりその軌道が図中 X 及び Y 方向に走査され、対物レンズ 562 によって集束され、試料ウェハ 551 に照射される。

【0031】

電子ビームが照射された試料表面からは 2 次電子や反射電子（以後、これらを総称して、2 次電子という）が発生し、この 2 次電子が検出器 A、B、C、D (557～560) によりそれぞれ検出される。検出された 2 次電子はその強度が電気信号に変換

、そして増幅された後、その強度が明るさを表すような画像信号に変換され入力部 505 に表示もしくは、デジタルデータに変換されて画像記憶部 504 へ記憶される。

【0032】

検出器としては、試料の上方に検出器 A 557 及び検出器 B 558、また試料に対し斜め方向に検出器 C 559、検出器 D 560 が設けられている。図中検出器 C 559、検出器 D 560 は試料に対し 180 度正対する位置におかれているがその角度が 180 度であることは必須ではない。検出器 A 557 では、電子ビーム 555 が試料ウェハ 551 に照射されることにより、試料ウェハ 551 から発生した 2 次電子が検出される。図中 Z 方向へ放出された 2 次電子は、偏向器 556 の上方に設けた E×B 偏向器（図示せず）の磁界及び電界の作用によりその軌道が検出器 A 557 の方向に曲げられて検出される。検出器 A での撮像画像を、以降では「2 次電子画像」と呼ぶこととする。

【0033】

また、検出器 A 557 と検出器 B 558 の間には、電位差 V_f を持つエネルギーフィルタ 561 を設置する。この結果、試料より放出される 2 次電子のうちそのエネルギーが V_f より小さい二次電子は、フィルタを通過することなく検出器 A 557 により検出され、エネルギーが V_f より大きい 2 次電子はフィルタを透過し検出器 B 558 で検出することが可能となる。

【0034】

検出器 B 558 で検出された信号から得られる画像を「エネルギーフィルタ画像」と呼ぶこととする。このエネルギーフィルタ像では試料表面で生じる電位コントラストの違いによる欠陥を検出することが可能である。

【0035】

図 7 は電位コントラスト欠陥を説明したものである。この図は半導体製品の断面を示したものである。Si 基板上に SiO₂ 膜が形成されその内部に、W（タングステン）によるプラグが形成されている。このプラグと Si 基板との接触面積が正常である場合と、その接触面積がない場合（オープン欠陥）、プラグ同士が接続されたことにより接触面積が大きくなった場合（ショート欠陥）の様子が示されている。

【0036】

この様に接触面積の違いがあると、ウェハ表面から底面への電流経路（図中の点線）がそれぞれ異なることによりウェハ表面での電位が変化する。この電位の違いが発生する 2 次電子の強度に影響を与えることから、撮像された画像上で欠陥部と正常部をコントラストの違いとして検出することができる。

【0037】

この電位コントラスト欠陥部と正常部の違いをより顕在化するために、各部位から発生する 2 次電子のエネルギー分布の違いを利用する。これは、比較的エネルギーが低い領域における 2 次電子強度は両者に差があまり見られないが、それより比較的高いエネルギー領域においては、正常部、欠陥部（オープンとショート）で、検出される 2 次電子強度に違いが見られるという事実を利用する。つまり、上記 V_f をこれら 2 次電子強度の違いが顕在化されるようなエネルギー値に設定し、ある値より大きなエネルギーを持つ 2 次電子のみを検出器 B 558 で検出することで電位コントラスト欠陥を検出することが可能となる。

【0038】

検出器 C 559、検出器 D 560 は試料表面から発生する 2 次電子画像をそれぞれ左右斜めの方向から検出する。検出器 C 559、検出器 D 560 から検出される画像を本説明において「左右像」と呼ぶこととする。これは検出器 A 557 で検出される

2次電子像が試料を上方から観察していることに対応するのに対し検出器 C 559、検出器 D 560 で得られる画像が試料をそれぞれ左右から観察したことに対応していることによる。

【0039】

なお、各欠陥は、各検出器において撮像された各画像において同位置で撮像されるように位置決めされるものとする。つまり、各画像における画像内座標が同一の箇所は、実試料上でも同一の箇所を指す様に撮像されるものとする。また、ここでは各検出器での画像撮像が同時であるものとしているが、これは必須ではなくタイミングをずらして撮像しても構わない。

【0040】

一般に、電子線画像を撮像すると、照射した電子が試料にチャージするチャージアップ現象が生じる場合がある。チャージアップすると、試料から出る2次電子等の強度分布が変化するため撮像画像がぼけてしまう場合がある。そこで、このような場合は、試料に紫外線光を照射(紫外線光照射系は図示なし)し、チャージした電子を逃がすことを行えばよい。

【0041】

さらに、レビューSEMにおいてウェハを撮像する前に、電子線式の外観検査装置等により欠陥検査を行った場合には、その検査時でのチャージアップが、レビュー時の画像撮像に影響を与えることも考えられるが、そのような場合には、レビュー開始前に紫外線光により電子を逃がしておけばよい。

【0042】

上記の撮像手段により欠陥部位を撮像した後、ステージは、欠陥が存在するチップに隣接するチップの欠陥部位と同一のボタンを有する箇所に移動し同様にして画像が撮像される。このような画像を参照画像と呼ぶこととする。検出器 A、B、C、D(557~560)それぞれから参照画像が検出され欠陥画像と同様に画像記憶部 504 に記憶される。1つの欠陥につき欠陥画像と参照画像を撮像した後、次の欠陥の撮像が行われる。このシーケンスが、ADR すべき全欠陥について画像撮像が終了するまで繰り返される。

【0043】

図6は、画像分類部 503 で行われる欠陥の自動分類処理(ADC 処理)のシーケンスを示している。この ADC の処理は ADR による画像撮像処理に同期して行っても良いし非同期であってもよい。ADC では、2つの異なる基準に基づく自動分類が行われ2つのカテゴリコードが出力される。その一方を本説明においてカテゴライズ A、他方をカテゴライズ B と呼ぶこととする。カテゴライズ A は欠陥発生の外観の様子を基準として分類を行うカテゴリであり、カテゴライズ B は欠陥の致命性を基準として分類を行うカテゴリである。先ずカテゴライズ A の内容について説明する。

【0044】

図8は、カテゴライズ A における分類カテゴリの一例を示している。カテゴライズ A においては、自動分類によりこれらの中の一カテゴリに各欠陥が分類される。なお「その他」とは、それ以外のどのカテゴリにも属さない欠陥のためのカテゴリである。カテゴライズ A では、まず、□欠陥凹凸情報、□配線欠陥情報、□電位コントラスト欠陥情報、の3種の欠陥情報が各種撮像画像から計算され、次にこの欠陥情報を用いて分類が行われる。

【0045】

図9は、欠陥のバリエーションによる表面凹凸の違いを示している。異物のように表面に付着したものは、その表面が凸になる。また、キズ欠陥では、表面がえぐり取られることにより凹になる。また、配線のショートやオープン（以下配

線欠陥)については、凹凸がない。このような欠陥の状態を示す欠陥凹凸情報は、左右像を用いることにより定量化されたデータとして検出することが可能である。

【0046】

図10は、異物、キズ欠陥、配線欠陥の左右像を模式的に描いたものである。異物のような凸欠陥とキズのような凹欠陥では、その陰影の生じ方が左右像で逆となる。また、表面が平坦な欠陥については、陰影は生じない。これは、同一方向から照明をあてたときの陰影のできる方向が逆になる現象と対応する。このことから、この陰影のできる方向と、欠陥画像と参照画像との差画像から得られる欠陥部位の位置情報を用いることで、該欠陥が、凸なのか凹なのかもしくはどちらでもないのかを判定することができる。これが欠陥凹凸情報である。

【0047】

次に、配線欠陥情報を説明する。図11は、配線欠陥の例を模式的に示している。配線欠陥には、その配線パターン1101が切れるオープン欠陥、配線パターンが膨張し隣接するパターンとの接触をおこすショート結果がある。また、切れない程度にそのパターンが縮小する半オープン欠陥や、隣接パターンに接触しない程度にパターンが膨張する半ショート欠陥が存在する。これらの欠陥は以下に示す方法により検出することができる。

【0048】

まず、2次電子像の参照画像から配線部を認識する。図12は、配線認識方法の1例を示している。(a)は、配線部1201及び下地部1202の画像、(b)は、画像の信号強度の断面を表しており縦軸が画像の強度つまり明るさを表している。(b)より配線部が下地部に比べて明るいことがわかる。よって(b)に示すような位置にしきい値を設け、画像を2値化すれば、(c)に示す様に、下地部を白色、配線部を黒色として配線部を顕在化することができる。同様な処理を欠陥画像に対して行ったのが(d)である。

【0049】

欠陥画像と参照画像の配線画像、つまり(c)(d)を比較することで、配線欠陥情報を得ることが可能である。例えば、欠陥部位周辺について配線(図中黒領域)の間の接続関係を調べることで、その配線がオープンしているか又は他の配線と接触(ショート)しているかの判定を行うことができる。またこれら2つの配線画像の差画像を計算し、差として抽出された領域が、配線部であるのか下地部であるのかを調べることで、オープン/ショートの判定をすることができる。このような処理により得られる情報(配線オープン、配線半オープン、配線ショート、配線半ショート)が配線欠陥情報である。

【0050】

次に、電位コントラスト情報を説明する。画像撮像原理で説明した通り、エネルギーフィルタ画像を用いることで電位コントラスト欠陥を検出することができる。電位コントラスト欠陥は、ウェハの高さ方向のパターン(例えば、上層の配線と下層の配線とを接続する孔パターン)のショート/オープンをいうが、図13にその模式図を示す通り、ショート欠陥はエネルギーフィルタ画像上で正常部より明るく、オープン欠陥は正常部より暗く検出される。よって欠陥部の階調値を正常部と比較することで該欠陥がショートであるのかオープンであるのかを調べることができる。これが電位コントラスト欠陥情報である。

【0051】

1つの欠陥につき、上で説明した3種の欠陥情報が計算された後に、この情報を用いたカテゴリ判定がなされる。図14はこのカテゴリ判定の一例を説明したテーブルである。ここでは、見やすくするため凹凸情報と配線欠陥情報によるカ

テグロリ判定を行うためのテーブルを示している。テーブルでは、凹凸情報から得られる欠陥の属性（凸、凹、それ以外）と、配線欠陥情報から得られる属性（ショート、半ショート、オープン、半オープン）の関係を示している。

【0052】

テーブル内の各マス内に書かれている名称が判定カテゴリ名である。このカテゴリ名は、図8に示すカテゴリから選択される。このテーブルによれば、例えばある欠陥の凹凸情報が「凸」であれば配線欠陥情報が何であっても、その欠陥を異物と判定することになる。電位コントラスト情報についても同様に取り扱うことができる。

【0053】

つまり、このようなテーブルを用いることで、各種の撮像画像を用いて得られる欠陥情報の組み合わせから、最終のカテゴリを判定することができる。なお、このテーブルはその値を、本自動分類装置が導入される各半導体製造ラインに合わせて任意に変更することも可能である。この場合、オペレータは、入出力部505を通してそのラインで発生する欠陥やその製造プロセスに合わせてテーブルの内容を変更する。以上がカテゴリAの説明である。

【0054】

次にカテゴリBについて説明をする。カテゴリBでは、該欠陥が製品に与える致命性の判定を行う。カテゴリBでの判定カテゴリは、「致命欠陥」「非致命欠陥」の2つである。

【0055】

半導体製品は、その出荷前にLSIテストやメモリテストを使用してその電気的特性が検査される。製品検査の1手法としては、半導体チップのある端子からある入力信号を与え、他の端子から出力される信号をその期待される信号値と比較することで良品/不良品の判定を行う方法が挙げられる。不良となる原因はその電気的特性が良品と異なることによって発生するものであり、その大半が製造段階で生じる欠陥、特に配線パターンと他のパターンとの接触や、異物とパターンとの接触等を引き起こしているものに起因する。

【0056】

図15(a)(b)(c)は、致命欠陥の例を示した模式図である。(a)は、異物1501が複数の配線に跨っている様子を示している。この場合、異物1501により複数の配線が導通するおそれがあるためこの異物欠陥が電気的特性に対し致命となる場合が多い。(b)は、配線が隣接する配線とショートしておりこの場合も電気的特性に対し致命となるおそれがある。これは(c)に示すような配線オープン欠陥に対しても同様である。

【0057】

一方図15(d)(e)(f)は、非致命欠陥の例を示した模式図である。(d)の様に異物1501が付着しても、その位置がパターン領域からはずれていれば電気的特性に対し致命とはならない。また、(e)配線欠陥(半ショート)や、(f)配線欠陥(半オープン)であっても、その縮小した部分及び膨張した領域が微小であれば電気的特性に対し致命とはならない。

【0058】

これらの考え方を利用したカテゴリBの分類処理を説明する。まず、一つ目にカテゴリAの分類結果を用いるという方法を説明する。これはカテゴリAで判定されたカテゴリに属する全ての欠陥が、カテゴリBについて同じカテゴリに判定される場合である。例えば、ショート欠陥/オープン欠陥については「致命」、半ショート欠陥/半オープン欠陥については、「非致命」というように定義できる場合である。このような場合は、カテゴリAの各カテゴリに

対し、「致命」「非致命」いずれかの属性を付与しておき、カテゴリズ B の分類時に、その属性を参照することで自動分類が可能になる。なおこの属性は、入出力部 505 を通してオペレータが任意に設定出来るようにすることで柔軟な設定が可能になる。

【0059】

次に、カテゴリズ A で同一カテゴリに属する欠陥が、カテゴリズ B において異なるカテゴリに分類される例について、異物欠陥を例に説明する。図 16 に、異物欠陥についての致命性判定処理のシーケンスを示す。

【0060】

まず、2 次電子画像の欠陥画像と参照画像とを用いて、差画像処理により欠陥領域を特定する。図 17 に示す(a)欠陥画像と(b)参照画像とでその違いがある領域は(c)差画像上でバラバラに点在する可能性があるため、このバラバラの複数個のラベルから欠陥の領域を示すパラメータ例えば、ラベルを包含する最大の長方形エリア 1701 を欠陥領域として記憶する。

【0061】

次に、2 次電子画像の参照画像から配線領域を認識する。この配線認識は、図 12 に示すカテゴリズ A における配線欠陥情報を得たのと同様の処理で行うことができる。そして認識された配線領域と、欠陥領域との重なり具合をみることで致命・非致命の判定を行う。

【0062】

図 15 (a)(d)に示す例では、配線部と異物領域とが近接していても接触していなければ「非致命」としたが、配線部と異物領域との距離を画像より計算し、この距離がある値よりも小さければ、つまり配線部と異物領域とがある距離より近い領域に存在していれば「致命」と見なすように変更することも可能である。また異物欠陥でなく、キズ欠陥であっても同様な処理により致命性判定を行うことができる。これがカテゴリズ B の自動分類処理である。

【0063】

上記説明では、カテゴリズ B を「致命」と「被致命」との 2 つに分類する場合について説明したが、更に細かく分類しても良く、また、「致命」または「被致命」をその度合い、即ち、「致命率」（致命となる確率）などで定義し分類してもよい。

【0064】

以上のように、ADC のシーケンスでは、カテゴリズ A 及びカテゴリズ B での自動分類により各欠陥に対し 2 つの異なるカテゴリが付与される。このシーケンスは ADC すべき欠陥全てが終了するまで欠陥毎に繰り返される。

【0065】

これらカテゴリズ A 及びカテゴリズ B は、教示データが無くとも自動分類することができる。すなわち、カテゴリの定義、カテゴリ毎のサンプル収集、教師データ登録からなる教示データ作成作業の削減も実現されている。

【0066】

次に、分類結果の表示例を示す。図 18 は、入出力部 505 において、カテゴリが付与された欠陥を表示した 1 例を示したものである。本図において、アイコン 1801 は欠陥画像を縮小して表示した画像を意味する。各アイコンに対し、カテゴリ表示エリア 1802 に検査装置により与えられた欠陥 ID 及びカテゴリズ A、B それぞれでのカテゴリが表示されている。これらのアイコンがウィンドウ 1803 内に配置されており、同一のウィンドウ内に配置されている欠陥は、同一のカテゴリに属することを意味する。図 18 では、各ウィンドウはカテゴリズ A でのカテゴリを表している。ウィンドウとしてカテゴリズ B のカテゴリを用いることも可能

であり、両方の表示を互いに切り替えて表示することでオペレータの視認が容易になる。

【0067】

また、図18の例では、ウィンドウ1803の上部とカテゴリ表示エリア1802にカテゴリAの項目が表示されているが、これは、何れか一方を表示するだけでもよい。

【0068】

図19に分類結果表示の他の例を示す。ウェハマップ1901には、各欠陥のウェハ上の位置がマップで表示されている。また画像表示部1902には、オペレータがマップ上から指定した欠陥の画像が表示される。その欠陥についての複数種の画像（2次電子画像、左右像等）を並べて表示しても良い。

【0069】

オペレータが、カテゴリ表示エリア1903において、任意のカテゴリを選択すれば選択されたカテゴリに対応する欠陥が、マップ上でハイライト表示され、カテゴリ毎の欠陥分布を確認することができる。グラフエリア1904には、カテゴリ別の欠陥数がグラフで表示されている。グラフエリア1904ではカテゴリA及びカテゴリBそれぞれのカテゴリについてのカテゴリ毎の欠陥数を表示すると共に、それらの組み合わせ（例えば、「異物」かつ「致命欠陥」）に当てはまる欠陥の数も表示することができる。

【0070】

また、歩留まり表示エリア1905には、予測歩留まり値が表示される。予測歩留まりとは、カテゴリBの自動分類結果から、ウェハ全体のチップ数に対する良品と推定されるチップの数を表した数値である。各チップ毎に致命欠陥の有無を調べ致命欠陥が存在するチップを不良品チップ、存在しないチップを良品チップとすることで判断する。これにより、当該ウェハについての予測歩留まりが算出できる。

【0071】

また、欠陥カテゴリとその欠陥が発生する工程との間に予め相関関係があることがわかっている場合には、この画面において、欠陥が発生した工程の予測結果を表示することも可能である(図示なし)。

【0072】

たとえば、配線ショート欠陥は、その直前のエッチング工程に問題があることが予めわかっている様な場合、ユーザがカテゴリ表示エリア1903において、マウス等のポインティングデバイスで、あるカテゴリを選択し、そのカテゴリ名から予測される欠陥発生工程を画面上に表示することができる。この際、1901ウェハマップ上に表示された欠陥点の内、ユーザに選択されたカテゴリに属する欠陥のみを他の欠陥と別の様態（色、記号等）で表示すれば、ユーザは、欠陥の発生工程とその欠陥が存在する位置情報とを、同時に把握することができる。

【0073】

なお、図19には、ウェハマップ1901、画像表示部1902、カテゴリ表示エリア1903、グラフエリア1904及び歩留まり表示エリア1905の全てを画面上に同時に表示する例を示したが、本発明はこれに限るものではなく、上記5つの表示項目のうちのいくつかを組合わせて、または夫々を単独に、更には他の表示項目と組合わせて表示してもよい。

【0074】

例えば、ウェハマップ1901と歩留まり表示エリア1905で一つの表示画面を構成してもよく、また、ウェハマップ1901とカテゴリ表示エリア1903、歩留まり表示エリア1905とで一つの表示画面を構成しても良い。更には、ウ

エハマップ1901と画像表示部1902、歩留り表示エリア1905とで一つの表示画面を構成しても良い。

【0075】

また、画像表示部1902には、図18に示したように、欠陥の画像と欠陥のカテゴリ（カテゴリズA、またはカテゴリズBの何れか又は両方）とを表示してもよい。

【0076】

次に、本発明にかかる他の実施例について説明する。図20は、本発明にかかる画像自動分類装置におけるカテゴリ構成図である。ここでシステムカテゴリとは、前述の実施例におけるカテゴリズAのカテゴリそのものを意味する。画像カテゴリとは、オペレータが任意に作成したカテゴリを意味する。システムカテゴリと画像カテゴリとの間の線は、カテゴリ同志のリンクを意味し、各画像カテゴリは、リンクを持つシステムカテゴリに含まれることを意味する。また、一つのシステムカテゴリは、複数の画像カテゴリとリンクをとるが可能である。このリンクにより、1つのシステムカテゴリが複数の画像カテゴリに細分化されていることになる。

【0077】

ここで、システムカテゴリを「異物」として画像カテゴリの例を示す。

【0078】

半導体製造工程で発生する異物は異なる原因で発生するものが複数種あり、それらに対しては異なる対策が取られることから、それらを分類することが必要となる。上述の実施例によるカテゴリズAの分類では、そのような異物の種類までを分類することが不可能である。画像カテゴリはこの様な詳細な分類を行うためのカテゴリであり、オペレータにより定義されるものである。画像カテゴリの例として図21に示す黒異物、白異物という色の異なる2種の異物を例にとり画像カテゴリの使い方を示す。

【0079】

先ず、このような2種類の異物欠陥を分類するために、これらの教示データを作成する。つまり、上記「黒異物」「白異物」の画像サンプルとして、図21に示すような画像を夫々複数収集する。そして、カテゴリ毎に分類特徴量を計算し登録する。これにより、画像カテゴリ用の教示データが作成される。この特徴量とは、その異物外観を数値化したものであり例えば、画像の明るさ、欠陥部の面積等である。自動分類時には、カテゴリズAの分類が実行された際に、そのカテゴリに画像カテゴリがリンクされていた場合には、そのリンクされたカテゴリの中でどのカテゴリに属するべきかを、教示データを参照して決定する。この様にする事でカテゴリズAの分類、つまり欠陥の原因対策のための分類を高精度に行うことが可能になる。

【0080】

また、この画像カテゴリを用いてカテゴリズBの分類もより高精度に行うことが可能になる。先に説明した実施例では、異物が配線ボタン間を跨ぐような場合にはそれが配線間の導通を引き起こすため「致命欠陥」と判定することとした。しかし導電性がない異物であればそれが複数の配線ボタンを跨ぐ場合でも「非致命」と判断する必要がある。先の例で例えば「黒異物」が何らかのデータから、例えば元素分析の結果などから導電性がないものとわかっていれば、この「黒異物」は、その異物の存在する位置に関わらず「非致命欠陥」と判定することが望ましい。

【0081】

これを実現するためには、教示カテゴリを定義した際に、そのカテゴリに属す

る欠陥が全て「致命欠陥」もしくは「非致命結果」と予めわかっている画像カテゴリに対し、致命・非致命的フラグを設定すればよい。この情報は自動分類の際特にカテゴリズ B の自動分類で参照されることとなる。

【0082】

図 2 2 は、画像カテゴリを有するカテゴリ構造をもった場合の自動分類のシーケンスを説明したものである。

【0083】

まず、カテゴリズ A が行われる。具体的には、撮像画像から、□配線欠陥情報、□凹凸情報、□電位コントラスト情報が計算され、カテゴリズ A のシステムカテゴリが決定される。そして、決定されたシステムカテゴリにリンクが張られている画像カテゴリの有無を調べる。そして、そのような画像カテゴリがあれば、最も属していると思われる画像カテゴリを選び、これをカテゴリズ A により決定されたカテゴリとする。

【0084】

次にカテゴリズ B が行われる。この際カテゴリズ A により画像カテゴリに分類された欠陥については、その画像カテゴリに致命性もしくは非致命フラグが設定されているか調べ、設定されている場合は、そのフラグをカテゴリズ B の分類結果とする。フラグが設定されていない場合、もしくはカテゴリズ A の自動分類結果がシステムカテゴリの場合は、前述の実施例と同様にカテゴリズ B がおこなわれる。

【0085】

図 2 3 は、画像カテゴリを教示した場合における自動分類結果の表示例を示している。図 1 8 と同様に、ウィンドウは一つのカテゴリを示す。本図では、ウィンドウはカテゴリズ A のカテゴリを表示しており、画像カテゴリにリンクを持つカテゴリ（「異物」）は、その名称と画像カテゴリとが表示されており、画像カテゴリにリンクが張られていないシステムカテゴリ（図中ボタンショート）との違いを表している。

【0086】

一つのシステムカテゴリが複数個の画像カテゴリを有する場合は、図中「異物」カテゴリの様に、それらに属する結果がすべて同一のシステムカテゴリに属する旨を、視認しやすいように整列されて表示される。図 1 8 と同様に、図 2 2 の画面に対しても、カテゴリズ B のカテゴリをウィンドウとする表示と切り替えることが可能である。

【0087】

以上、本発明の代表的な装置構成及び自動分類処理のフローを説明した。本説明では、欠陥部位の異なる特性（放出 2 次電子、反射電子、吸収電子のエネルギー及びその放出方向）を利用して撮像する 4 つの撮像検出系を用い、カテゴリズ A、B という 2 つの尺度の異なる分類を実現する例を述べたが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0088】

例えば、新たなカテゴリズ基準 C による分類を導入すれば、3 つの異なる分類を実現し表示することも可能である。カテゴリズ C の 1 例として、欠陥サイズによる分類が挙げられる。この場合、欠陥サイズ毎に見た致命/非致命欠陥(カテゴリズ B による分類)の分布や、欠陥外観(カテゴリズ A による分類)の分布の対応を見ることができる。ここで欠陥サイズによる分類とは、例えばその欠陥長径サイズを用いて、S(0.5 μ m 以下)、M(0.5 \sim 1 μ m)、L(1 μ m 以上)の様にグループ分けすることを意味する。この様に、異なる基準によるカテゴリズの種類を必要なだけ定義すれば、より欠陥の対策等に有用なデータを提供することが可能

となる。

【0089】

なお、本発明の考え方は半導体製品のみならず、様々な工業製品の製造にかかる欠陥検査及び欠陥分類に適用することが可能である。

【0090】

【発明の効果】

本発明によれば、半導体ウェハ製造工程で発生した欠陥を、その欠陥外観に基づき自動分類し、その発生原因の究明のために用いるための有益な情報を提供することができるとともに、各欠陥の製品に対する致命性という欠陥の発生原因とは異なった尺度による欠陥分類を行い、製品着工計画の立案等に必要な製品の歩留まり予測の情報を提供することが可能になる。また、上記分類のための欠陥データベース構築に必要な労力を削減することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

半導体の欠陥検査システムの構成を表すブロック図である。

【図2】

従来技術による ADR の処理フローを示す図である。

【図3】

従来技術による ADC の処理フローを示す図である。

【図4】

本発明にかかる画像自動分類装置による ADR のシーケンスを示す図である。

【図5】

(a) 本発明にかかる画像自動分類装置の構成を示すブロック図、(b) 画像撮像部の概略構成を示す正面図である。

【図6】

本発明にかかる画像自動分類装置で行われる ADC の処理シーケンスを示す図である。

【図7】

電位コントラスト欠陥の撮像原理を示すための試料の断面図である。

【図8】

本発明におけるカテゴリの例を示した図である。

【図9】

欠陥の種類と表面凹凸の違いを模式的に示した試料の平面図と断面図である。

【図10】

欠陥の種類と得られる左右像を模式的に示した試料の平面と断面に対応する画像である。

【図11】

配線欠陥を模式的に示した試料の平面図である。

【図12】

試料の平面図 (a) (c) (d) と、(a) に対応する画像の信号強度を示す図 (b) である。

【図13】

試料の平面図に対応する電位コントラスト画像である。

【図14】

カテゴリ化を行うためのテーブルの例である。

【図15】

致命及び非致命欠陥を模式的に示した試料の平面図である。

【図16】

異物欠陥についての致命性判定処理のシーケンスを示す図である。

【図 1 7】

致命性判定の処理手順を示す欠陥画像である。

【図 1 8】

分類結果の表示の例を示す表示画面の正面図である。

【図 1 9】

分類結果の表示の例を示す表示画面の正面図である。

【図 2 0】

本発明にかかる画像自動分類装置のカテゴリ構成例である。

【図 2 1】

欠陥例を模式的に示した試料の平面図である。

【図 2 2】

本発明にかかる画像自動分類装置の分類処理シーケンスである。

【図 2 3】

分類結果の表示の例を示す表示画面の正面図である。

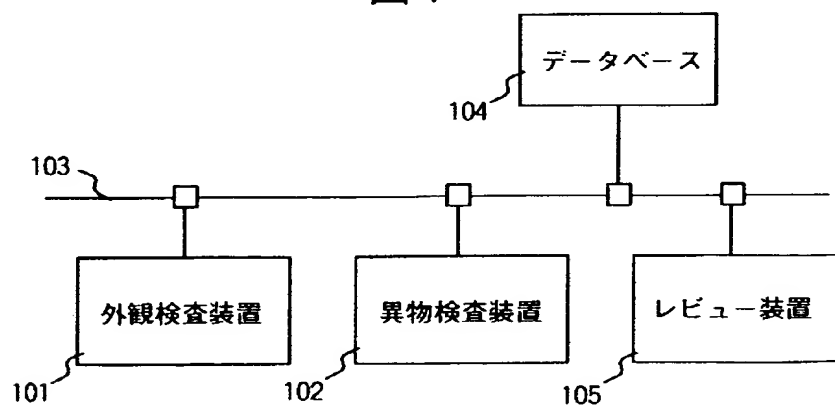
【符号の説明】

101...外観検査装置、102...異物検査装置、103...ネットワーク、104...データベース、105...レビュー装置、501...画像撮像部、502...全体制御部、503...画像記憶部、504...画像分類部、505...入出力部、551...ウェハ、555...電子ビーム、557...検出器 A、558...検出器 B、559...検出器 C、560...検出器 D、561...エネルギーフィルタ、1101...配線パターン、1201...配線部、1202...下地部、1501...異物、1701...長方形エリア、1801...アイコン、1802...カテゴリ表示エリア、1803...ウィンドウ、1901...ウェハマップ、1902...画像表示部、1903...カテゴリ表示エリア、1904...グラフエリア、1905...歩留まり表示エリア

【書類名】 図面

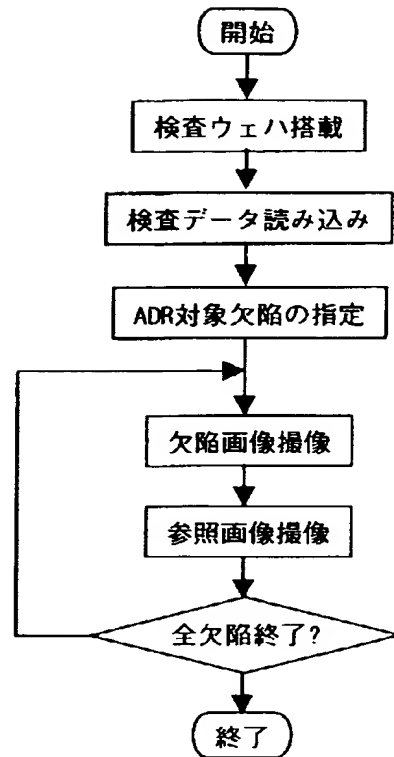
【図 1】

図 1



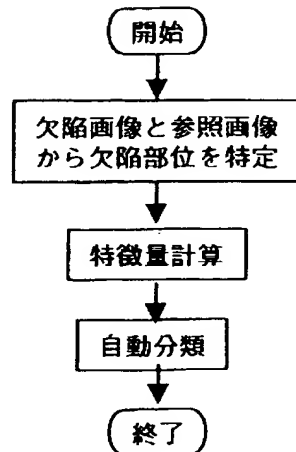
【図 2】

図 2



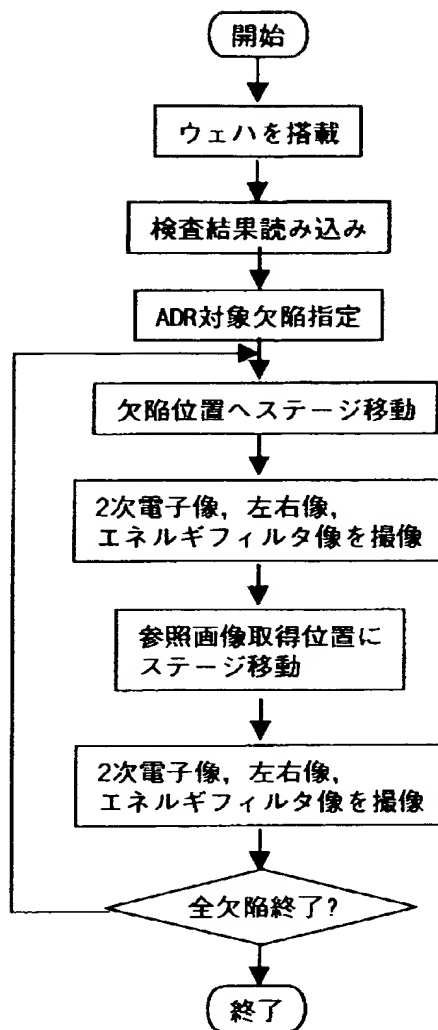
【図 3】

図 3



【図 4】

図 4



【図 5】

図 5 (a)

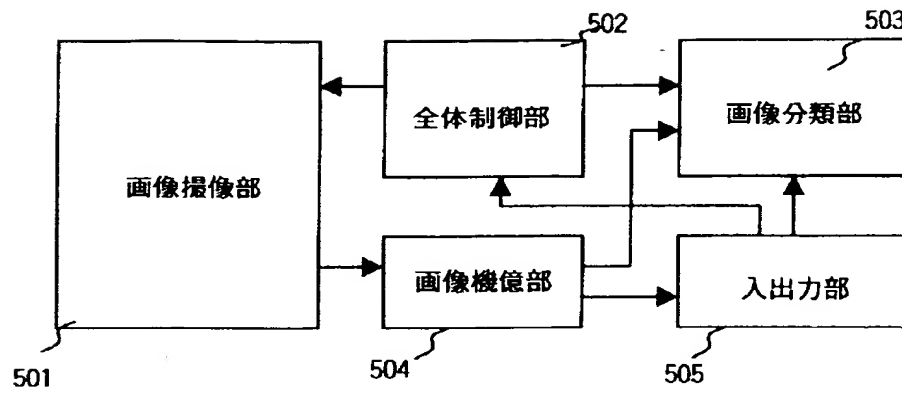
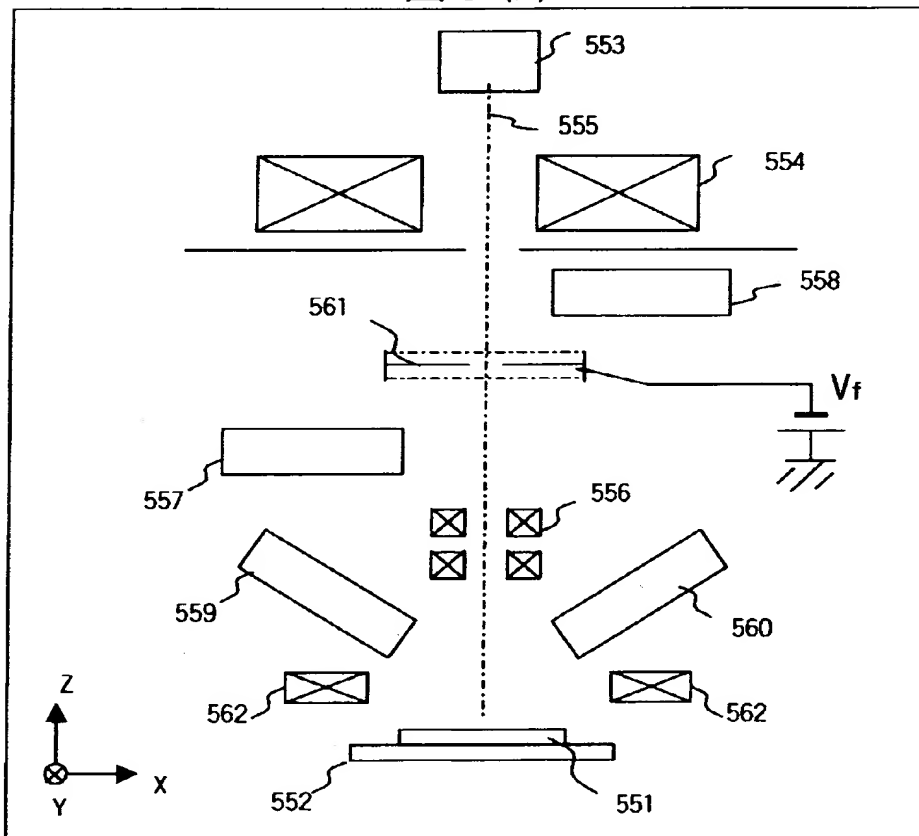
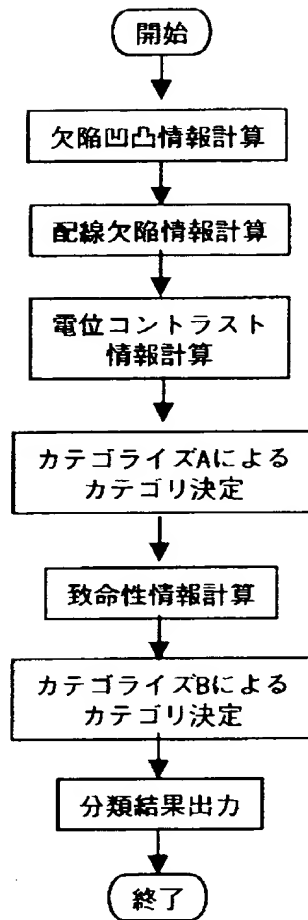


図 5 (b)



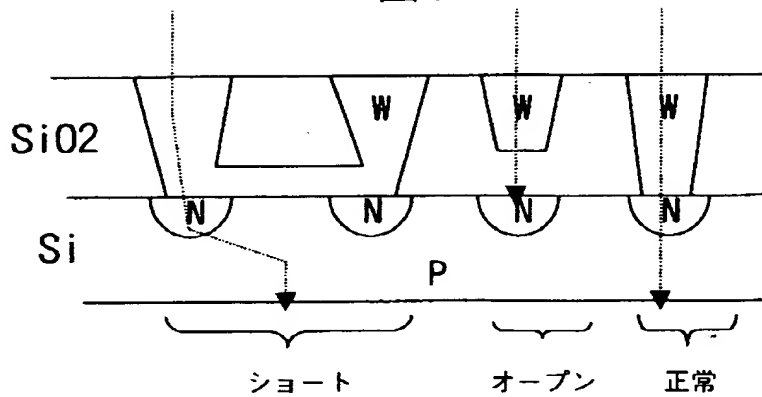
【図 6】

図 6



【図 7】

図 7



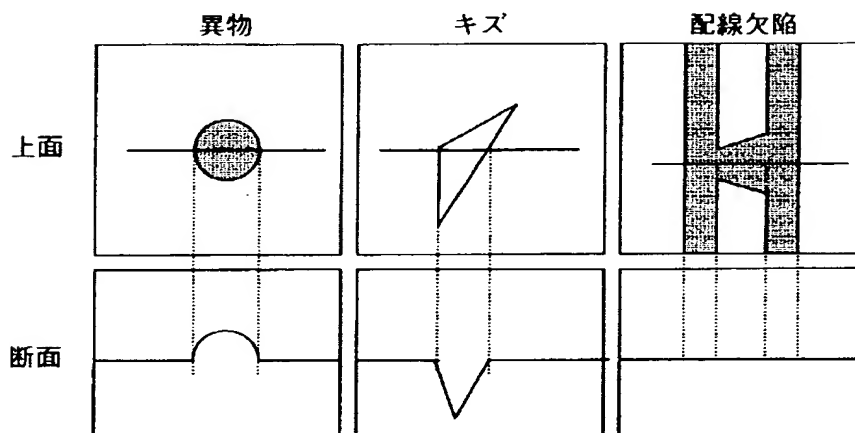
【図 8】

図 8

カテゴリ名
異物
キズ
配線欠陥(ショート)
配線欠陥(オープン)
電位コントラスト欠陥(オープン)
電位コントラスト欠陥(ショート)
その他

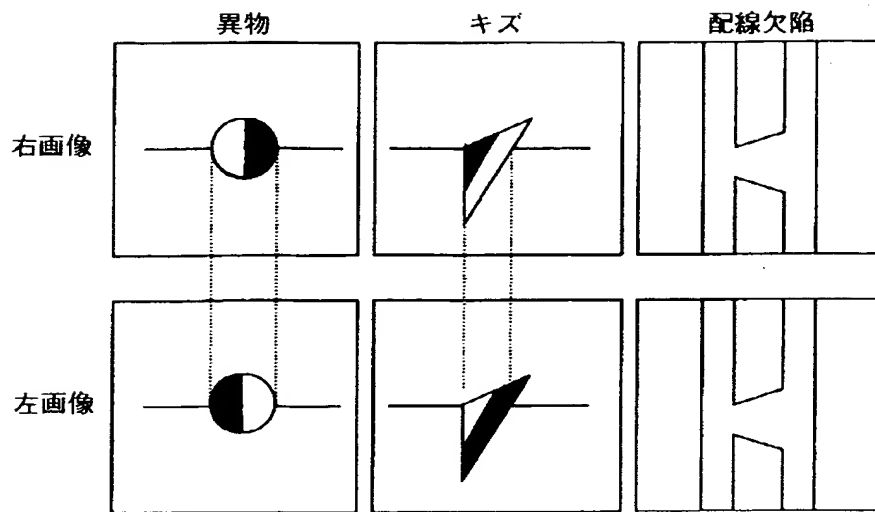
【図 9】

図 9



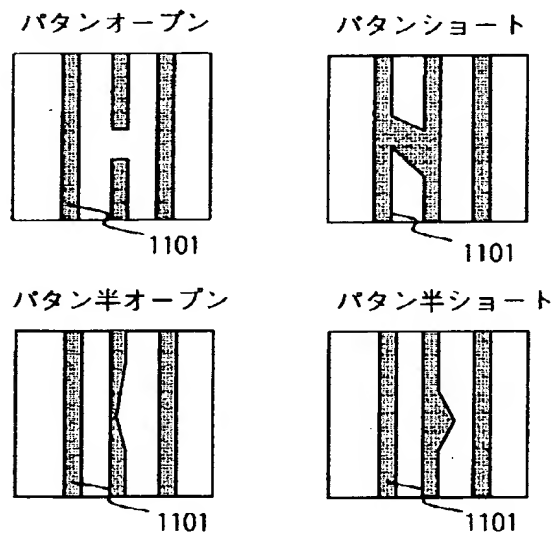
【図 10】

図 1 0



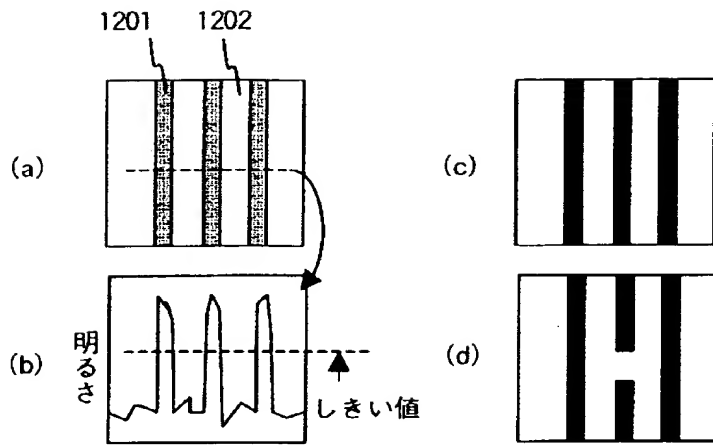
【図 1 1】

図 1 1



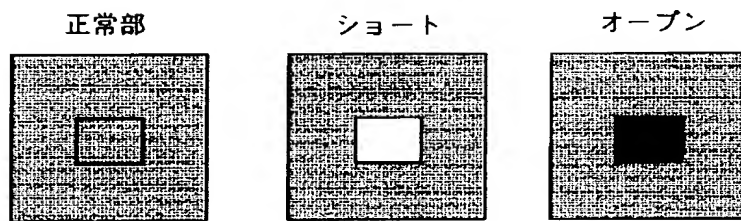
【図 1 2】

図 1 2



【図 1 3】

図 1 3



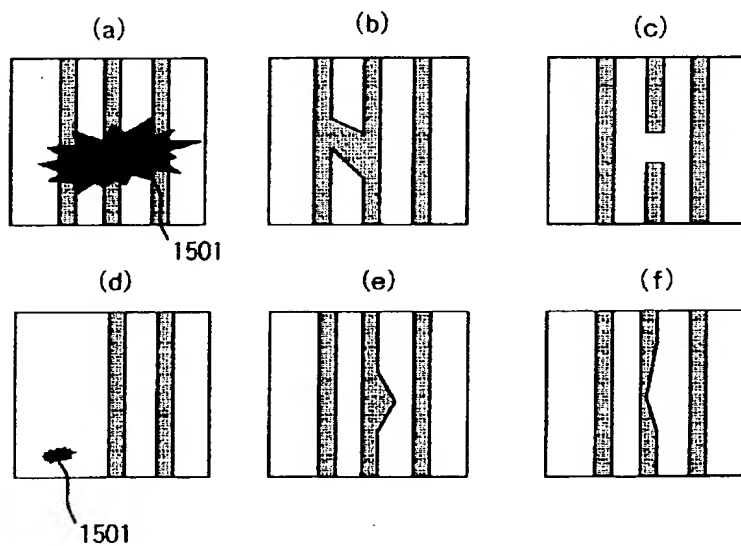
【図 1 4】

図 1 4

		凹凸情報		
		凸	凹	それ以外
配線欠陥情報	ショート	異物	キズ	配線欠陥 (ショート)
	半ショート	異物	キズ	配線欠陥 (ショート)
	オープン	異物	キズ	配線欠陥 (オープン)
	半オープン	異物	キズ	配線欠陥 (オープン)

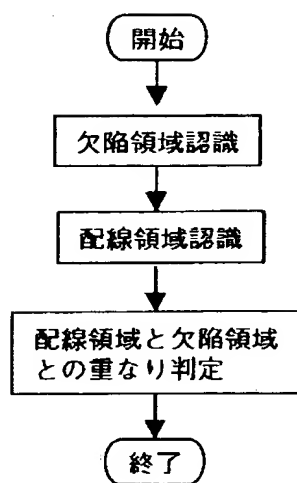
【図 1 5】

図 1 5



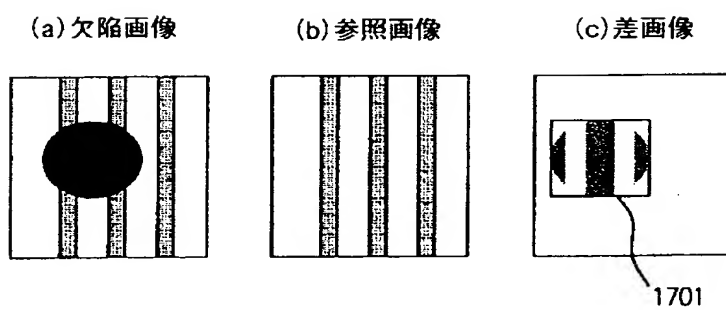
【図 1 6】

図 1 6



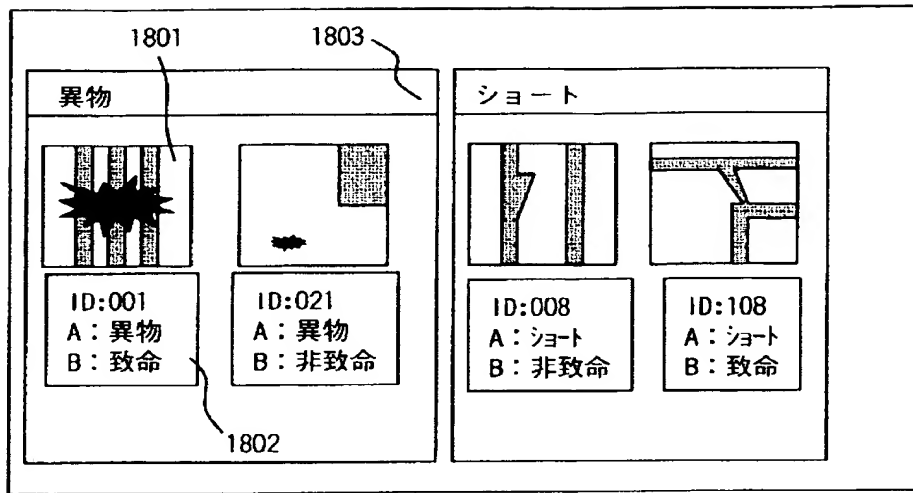
【図 1 7】

図 1 7



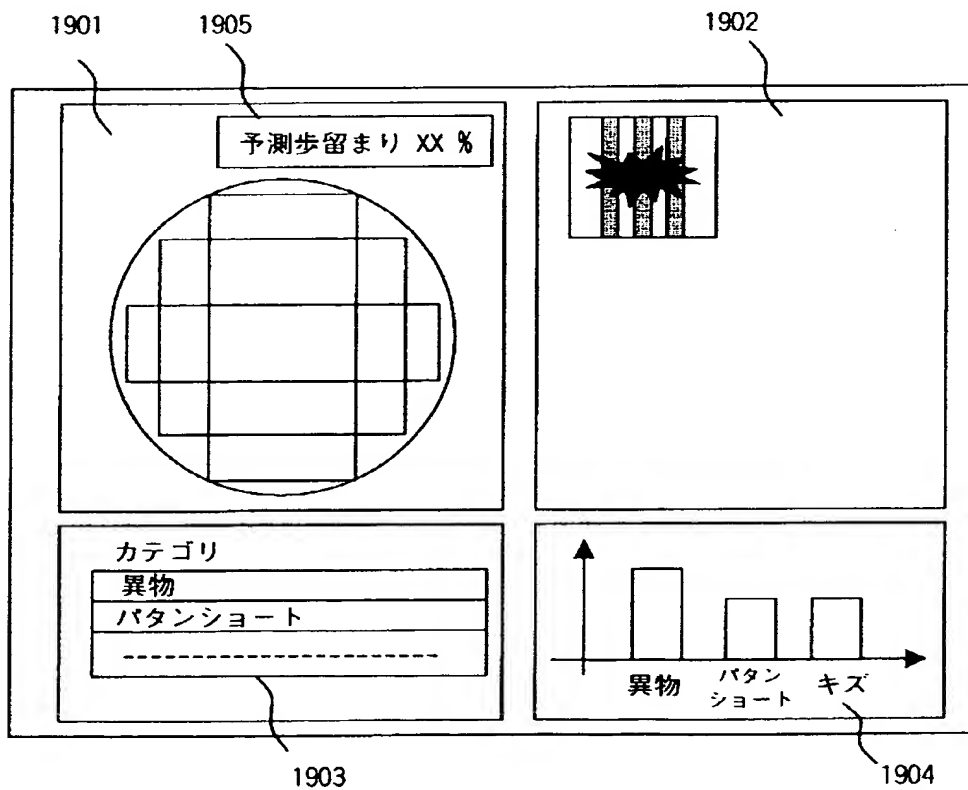
【図 1 8】

図 1 8



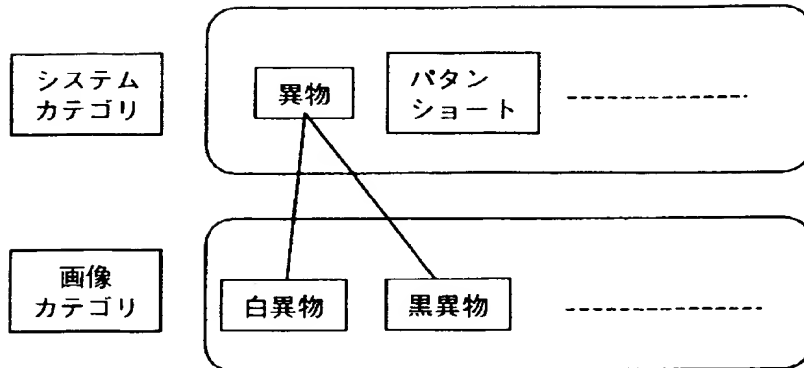
【図 1 9】

図 1 9



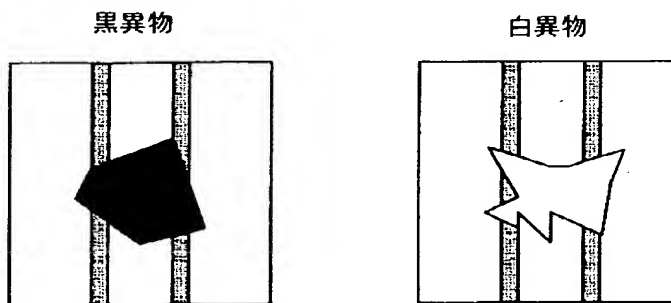
【図 2 0】

図 2 0



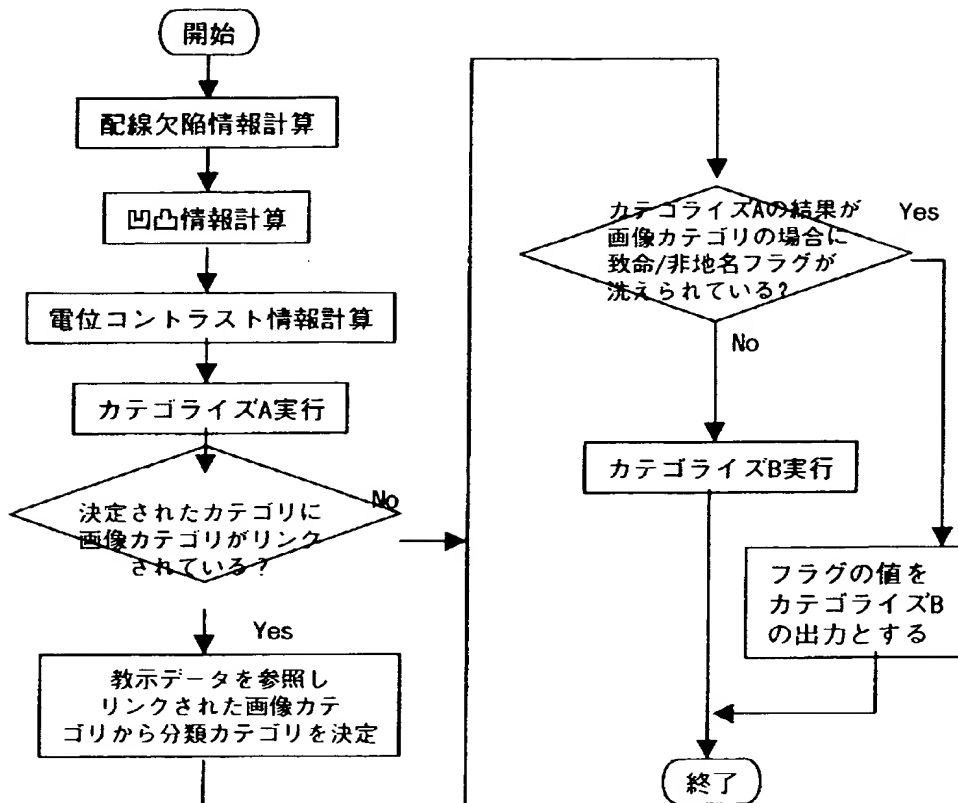
【図 2 1】

図 2 1



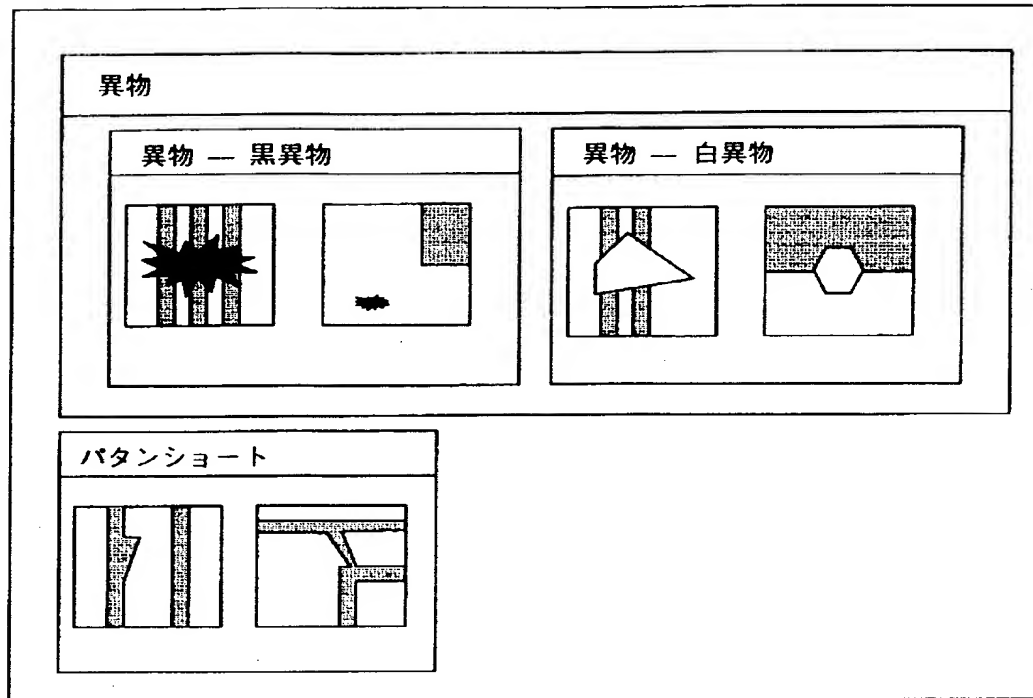
【図 2 2】

図 2 2



【図 2 3】

図 2 3



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

欠陥検査装置で検出された半導体ウェハの製造工程で発生した欠陥について、その欠陥部位の画像を用いて、その欠陥の発生原因対策に必要な情報および、該検査ウェハの歩留まりの予測に必要な情報を出力できる画像自動分類方法及びその装置を提供する。

【解決手段】

欠陥分類装置を、被検査対象を撮像する撮像手段と、この撮像手段で撮像して得た画像から欠陥候補の画像を抽出する欠陥候補抽出手段と、この欠陥候補抽出手段で抽出した欠陥候補の画像を第1のカテゴリに分類する第1のカテゴリ分類手段と、欠陥候補抽出手段で抽出した欠陥候補の画像を第2のカテゴリに分類する第2のカテゴリ分類手段と、欠陥候補の画像と第1のカテゴリ分類手段で分類した欠陥候補の第1のカテゴリ情報と第2のカテゴリ分類手段で分類した欠陥候補の第2のカテゴリの情報とを出力する出力手段とを備えて構成した。

【選択図】 図 5

[Document Name] Application for Patent

[Reference No.] D99010951A

[Application Date] May 18, 2000

[Destination] Commissioner, Patent Office

[International Patent Classification] G06T 7/00

[Title of the Invention] METHOD FOR CLASSIFYING DEFECTS AND DEVICE
FOR CLASSIFYING DEFECTS

[Number of Claims] 23

[Inventor]

[Address] c/o Production Engineering Research Laboratory
in Hitachi, Ltd., 292, Yoshida-cho, Totsuka-ku, Yokohama-shi,
Kanagawa-ken, Japan

[Name] Ryo Nakagaki

[Inventor]

[Address] c/o Production Engineering Research Laboratory
in Hitachi, Ltd., 292, Yoshida-cho, Totsuka-ku, Yokohama-shi,
Kanagawa-ken, Japan

[Name] Yuji Takagi

[Inventor]

[Address] c/o Production Engineering Research Laboratory
in Hitachi, Ltd., 292, Yoshida-cho, Totsuka-ku, Yokohama-shi,
Kanagawa-ken, Japan

[Name] Kenji Obara

[Inventor]

[Address] c/o Instrument Division in Hitachi, Ltd., 882,
Ichige, Hitachinaka-shi, Ibaraki-ken, Japan

[Name] Yasuhiko Ozawa

[Inventor]

[Address] c/o Instrument Division in Hitachi, Ltd., 882,
Ichige, Hitachinaka-shi, Ibaraki-ken, Japan

[Name] Toshiei Kurosaki

[Inventor]

[Address] c/o Instrument Division in Hitachi, Ltd., 882,
Ichige, Hitachinaka-shi, Ibaraki-ken, Japan

[Name] Takehiro Hirai

[Applicant for Patent]

[Identification No.] 000005108

[Name] Hitachi, Ltd.

[Agent]

[Identification No.] 100075096

[Patent Attorney]

[Name] Yasuo Sakuta

[Designation of Charge]

[Ledger No. for Payment] 013088

[Amount of Payment] ¥21,000

[List of Document Submitted]

[Object Name]	Specification	1
---------------	---------------	---

[Object Name]	Drawings	1
---------------	----------	---

[Object Name]	Abstract	1
---------------	----------	---

[Necessity of Confirmation] Necessary

[Document Name] Specification

[Title of the Invention]

METHOD FOR CLASSIFYING DEFECTS AND DEVICE FOR CLASSIFYING DEFECTS

[Scope of Claims]

[Claim 1]

A method for classifying defects of objects to be inspected using images obtained by imaging said objects to be inspected, comprising the steps of:

imaging objects to be inspected;

extracting defect candidate images from images obtained by said imaging step;

classifying said extracted defect candidate images into a first category;

classifying said extracted defect candidate images into a second category; and

displaying on a screen said extracted defect candidate images and information about said classification into said first category and information about said classification into said second category relating to said defect candidates.

[Claim 2]

The method for classifying defects as described in claim 1, wherein said imaging of said objects to be inspected is performed by irradiating and scanning an electron beam focused on said objects to be inspected and

detecting, in synchronization with said scanning, secondary electrons generated from said objects to be inspected by said irradiation.

[Claim 3]

The method for classifying defects as described in claim 1, wherein either said first category or said second category relates to defect criticalities.

[Claim 4]

The method for classifying defects as described in claim 1, wherein either said first category or said second category relates to defect types.

[Claim 5]

The method for classifying defects as described in claim 3, wherein said defect types include the following: particle defects, flaw defects, circuit pattern short defects, and circuit pattern open defects.

[Claim 6]

A method for classifying defects of objects to be inspected using images obtained by imaging said objects to be inspected, comprising the steps of:

imaging objects to be inspected;

extracting defect candidate images from images obtained by said imaging step;

classifying said extracted defect candidate images according to defect types thereof;

evaluating defect criticalities of said defect candidates classified into defect types; and

displaying on a screen said defect candidate images along with information relating to said defect types and said defect criticalities.

[Claim 7]

The method for classifying defects as described in claim 6, wherein said imaging of said objects to be inspected is performed by irradiating and scanning an electron beam focused on said objects to be inspected and detecting, in synchronization with said scanning, secondary electrons generated from said objects to be inspected by said irradiation.

[Claim 8]

The method for classifying defects as described in claim 6, wherein said defect types for classification include the following: particle defects, flaw defects, circuit pattern short defects, and circuit pattern open defects.

[Claim 9]

A method for classifying defects of objects to be inspected using images obtained by imaging said objects to be inspected, comprising the steps of:

imaging objects to be inspected;

extracting defect candidate images from images obtained by said imaging step;

classifying said extracted defect candidate images into a first category;

classifying said extracted defect candidate images into a second category; and

displaying on a screen a distribution of said defect candidates classified into said first category on said objects to be inspected, information relating to said first category classification, and information relating to results classified by said second category

classifying means.

[Claim 10]

The method for classifying defects as described in claim 9, wherein said imaging of said objects to be inspected is performed by irradiating and scanning an electron beam focused on said objects to be inspected and detecting, in synchronization with said scanning, secondary electrons generated from said objects to be inspected by said irradiation.

[Claim 11]

The method for classifying defects as described in claim 9, wherein said defect candidate images are also displayed on said screen.

[Claim 12]

The method for classifying defects as described in claim 9, wherein information, which is displayed on said screen, relating to results classified by said second category classification is information relating to predicted yield of said objects to be inspected.

[Claim 13]

A device for classifying defects comprising:

an imaging means for imaging objects to be inspected;

a defect candidate extracting means for extracting defect candidate images from images obtained from said imaging means;

a first category classifying means for classifying said defect candidate images extracted by said defect candidate extracting means into a first category;

a second category classifying means for classifying said defect candidate images extracted by said defect candidate extracting means into a second category; and

an outputting means for outputting said defect candidate images, a first category information of said defect candidates classified by said first category classifying means, and a second category information of said defect candidates classified by said second category classifying means.

[Claim 14]

A device for classifying defects as described in claim 13, wherein said imaging means includes:

an electron beam optical system means for irradiating and scanning an electron beam focused on said objects to be inspected;

a detecting means for detecting, in synchronization with said scanning, secondary electrons generated from said objects to be inspected by said irradiation of said electron beam focused on said objects to be inspected by said electron beam optical system means; and

an image forming section for forming secondary electron images of said objects to be inspected based on secondary electron signals detected by said detecting means.

[Claim 15]

The device for classifying defects as described in claim 12, wherein either said first classifying means or said second classifying means classifies said defect candidates into categories relating to defect criticalities.

[Claim 16]

The device for classifying defects as described in claim 13, wherein either said first classifying means or said second classifying means classifies said defect candidates into categories relating to defect

types.

[Claim 17]

The device for classifying defects as described in claim 16, wherein said defect types include the following: particle defects, flaw defects, circuit pattern short defects, and circuit pattern open defects.

[Claim 18]

A device for classifying defects comprising:

an imaging means for imaging objects to be inspected;

a defect candidate extracting means for extracting defect candidate images from images of said objects to be inspected;

a first category classifying means for classifying said defect candidate images extracted by said defect candidate extracting means into a first category;

a second category classifying means for classifying said defect candidate images extracted by said defect candidate extracting means into a second category; and

an outputting means for outputting on a screen said defect candidate images, a distribution of said defect candidates classified by said first category classifying means on said objects to be inspected, said first category information, and information relating to results classified by said second category classifying means.

[Claim 19]

A device for classifying defects as described in claim 18, wherein said imaging means includes:

an electron beam optical system means for irradiating and scanning an electron beam focused on said objects to be inspected;

a detecting means for detecting, in synchronization with said scanning, secondary electrons generated from said objects to be inspected by said irradiation of said electron beam focused on said objects to be inspected by said electron beam optical system means; and

an image forming section for forming secondary electron images of said objects to be inspected based on secondary electron signals detected by said detecting means.

[Claim 20]

A device for classifying defects as described in claim 18, wherein said first category classifying means classifies said defect candidates according to defect types thereof.

[Claim 21]

A device for classifying defects as described in claim 20, wherein said defect types include particle defects, flaw defects, circuit pattern defects, and voltage contrast defects.

[Claim 22]

A device for classifying defects as described in claim 18, wherein said second category classifying means classifies said defect candidates according to defect criticalities thereof.

[Claim 23]

A device for classifying defects as described in claim 18, wherein said outputting means outputs on said screen information relating to yield of products as information relating to results classified by said second category classifying means.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Field of Utilization]

The present invention relates to a method for detecting defects in a semiconductor wafer in a semiconductor product production process and classifying the detected defects, and a device for the same.

[0002]

[Prior Art]

In semiconductor product production processes, various types of defects generated in the production process must be discovered and dealt with early in order to maintain high product yields. This is generally achieved through the following steps. First, a semiconductor wafer to be inspected is inspected using a wafer visual inspection device, a wafer particle inspection device or the like to detect locations of generated defects and particles. Second, the detected defects are observed (this is known as reviewing), and these defects are classified according to the causes generating the defects. This review operation generally involves a dedicated reviewing device with a microscope or the like to observe the defect portions at a high magnification. However, it would also be possible to use a different device, e.g., a visual inspection device equipped with a reviewing feature.

Third, response measures are taken based on these causes.

[0003]

If a large number of defects are detected by the inspection device, the review operation requires a large amount of work. Thus, recent years have seen significant development taking place around reviewing devices

having automatic defect review features, in which images of defect portions are automatically captured and collected, and automatic defect classification features, in which collected images are automatically classified.

Japanese Unexamined Patent Application Publication (JP-A) No. 10-135288 (1998-135288) discloses a reviewing device and production system having these types of automatic review and automatic defect classification features. In this conventional technology, classification categories, information relating to defects belonging to these categories, and the like are registered beforehand as training data. Then, when an automatic classification is performed, the categories for defects are determined by referring to the training data.

[0004]

[Problem to be Solved by the Invention]

However, this conventional technology is based on storing classification categories as training data. In creating the training data, defect images for defects belonging to each category must be collected and feature values of these images must be calculated and registered by performing image processing. Thus, there are problems in that a large amount of time and labor may be required to create the training data.

[0005]

Not all generated defects influence the good/faulty evaluation of the final product. For example, even if a particle is present on the surface of a pattern, it is not necessarily the case that this adhesive particle is the cause of a faulty product if it does not affect the

electronic characteristics of the circuit. In the conventional technology described above, defects are classified into categories based on visual attributes of defects such as adhesive particles and pattern breaks. This provides information that is useful in setting up measures against the causes of defects, but it is not possible to evaluate whether the defects are critical to the product. In addition, the conditions in which defects critical to the product are generated cannot be studied, and predictions of the number of good products to be obtained from the wafer (yield prediction) cannot be made.

[0006]

The object of an embodiment of the present invention is to overcome the problems of the conventional technology described above and to provide an automatic classification method and device for classifying defects to provide information relating to defect criticality as well as a defect classification that provides information useful to determining causes generating the defects, and outputting this information.

[0007]

[Means for Solving the Problem]

To achieve the above described object, an embodiment of the present invention provides a method for classifying defects in which objects to be inspected are imaged and the resulting images are used to classify defects of the inspected objects. Next, defect candidate images are extracted from the images obtained from this imaging. In addition, the extracted defect candidate images are classified by defect types, the criticalities of these defect candidates classified by types are

evaluated, and the defect candidate images and information relating to defect types and criticality are displayed on a screen.

[0008]

An embodiment of the present invention also provides a defect classification device that is configured with the following means:

an imaging means that captures images of objects to be inspected;

a defect candidate extracting means that extracts defect candidate images from the images obtained from the imaging means:

a first category classifying means that classifies defect candidate images extracted with the defect candidate extracting means into a first category;

a second category classifying means that classifies defect candidate images extracted with the defect candidate extracting means into a second category; and

an outputting means that outputs defect candidate images and first category information of defect candidates classified by the first category classifying means and second category information of defect candidates classified by the second category classifying means.

[0009]

[Preferred Embodiments]

The following is a detailed description of the embodiments of the present invention.

[0010]

Fig. 1 shows an architecture of a system for inspecting defects in semiconductor materials. A semiconductor wafer is inspected using a visual inspection device 101 and a particle inspection device 102 to

detect adhesive particles and defects generated in the production process. In the following description, these defect inspection devices are taken together and referred to as the "inspection device."

[0011]

The inspection device detects problems in the patterns formed on the wafer surface, e.g., pattern breaks (open patterns), short-circuits with adjacent patterns (shorts), and particles adhesive to the surface and the coordinates of the defects in the wafer are output as the inspection results. The inspection results output from the inspection device is stored in a database 104 by way of a recording medium such as a floppy disk or by way of a network 103. The database 104 stores the various product types and the inspection data thereof in the production processes. Inspection result data can be accessed by the product, by the process, by the production lot, or the like.

[0012]

Next, a defect observation operation (review operation) is performed to study the details of the detected defects.

[0013]

In order to study fine defects, a reviewing device 105 is generally equipped with an optical microscope or an electron microscope of an electron beam type. The reviewing device also includes a stage on which the wafer is mounted. And the stage has a function to move automatically so that when the operator selects a defect to be observed from the inspection results, the defect is placed in the field of view of the microscope. The review operation can also be performed using a visual inspection device equipped with the similar feature rather than using

this type of dedicated reviewing device.

[0014]

A semiconductor wafer that has been inspected by the visual inspection device is set up in the reviewing device 105, and the inspection results are read from the database 104 by way of the network 103. If reviewing is to be performed manually, the operator generally uses inputting means such as a keyboard or a mouse to specify defects, which are then observed under the microscope. The operator visually evaluates attributes (categories) of the defects and enters corresponding codes or the like.

[0015]

The category codes set up for defects by the reviewing device 105 are stored in the database 104 by way of the network 103. These category codes can be used as data needed to determine defect generation conditions and defect prevention measures, e.g., defect counts for categories classified by the product, by the process, by the time period, or the like. Performing the review operation described above manually requires much time and work, so generally the defects to be observed are narrowed down to a subset of all the defects using some method rather than observing all the detected defects.

[0016]

Recently, reviewing devices equipped with an automatic reviewing feature, i.e.

Automatic Defect Review (ADR) feature have been developed. In these reviewing devices, defects to be observed are selected, the stage is moved, and images of defect portions are captured continuously and automatically. Also, reviewing devices equipped with an automatic defect

classification feature, i.e. Automatic Defect Classification, ("ADC") feature have been developed. In these reviewing devices, the image data for defect portions resulting from automatic review operations is used to automatically evaluate and output defect categories. In the description below, an example is presented using a reviewing device equipped with an SEM (Scanning Electron Microscopy) image capturing device, which can image defects at high resolutions of a few nm (nanometers). However, it would also be possible to use a reviewing device using an optical microscope.

[0017]

Fig. 2 shows an example of the flow of operations involved in ADR. First, a wafer to be inspected is mounted on the stage of the reviewing device and inspection results are read. Next, the operator selects defects to be processed by ADR out of the inspection results obtained from the inspection device. If the ADR throughput is fast and the amount of detected defect data is small, all defects can be processed by ADR.

[0018]

The reviewing device selects a defect out of the specified defects and moves the stage so that the defect position is roughly within the field of view of the observation system. Then, focus is set up to be optimal for capturing an image and the image is captured.

This image shall be referred to as the defect image hereafter. The captured defect image is stored in a recording medium (e.g., a magnetic disk) in the reviewing device.

[0019]

Next, the stage is moved and the portion, corresponding to the

above-mentioned defect portion, on a semiconductor chip adjacent to the semiconductor chip containing the above-mentioned defect portion is imaged. The pattern of this portion is similar to that of the defect portion. This image will be referred to as a reference image to the defect image. The reference image is also stored in the recording medium in the reviewing device. When the capturing of the reference image is completed, the defect image and the reference image for the next defect are captured in the similar manner described above. The above-mentioned procedure is finished after these operations have been repeated for all the defects to be processed by ADR.

[0020]

Fig. 3 shows an example of a flow of operations performed in ADC processing. In ADC processing, the defect images and reference images from ADR processing are used to automatically determine categories for defects. First, a defect portion is determined from the defect image and the reference image. More specifically, a differential image is generated by taking the difference between the defect image and the reference image. As a result, only the portion where the defect image and the reference image are different appears in the differential image, and this portion represents the defect portion. Next, the feature values of the defect are calculated using this differential image, the defect image, and the reference image.

Feature values are quantitative representations of characteristics such as defect size, defect shape, and image contrast. Next, the feature value data is used to perform automatic classification processing to determine the defect category.

[0021]

An automatic classification processing generally requires training data, which is data created by training the reviewing device regarding classification categories. To create this training data, multiple sample defects for classification categories are collected beforehand. Next, the same feature values used in the automatic classification processing are calculated for these training samples. Feature values are stored for each classification category. These classification categories are categories defined corresponding to visual differences in defects, e.g., particle defects, flaw defects, pattern shorts, and pattern opens.

[0022]

During the automatic classification processing, the similarity between the feature value data of the defect being classified and the feature values of the classification categories stored in the training data are calculated. The defect category determined to be most similar is output as the category for the defect being classified. One method for calculating similarity is described in the conventional technology presented in JP-A-10-135288.

[0023]

The ADR and ADC processings based on the conventional technology shown in Figs. 1 to Fig. 3 have the following problems. First, the categories used for classification are defined based on visual observation of defects. This is because visually different defects can be considered to be caused by different factors. Thus, categorization based on visual observation of defects can aid in setting up measures to deal with defect causes.

[0024]

However, with this method, ADR and ADC processings do not provide yield predictions for which there has been an increasing demand recently. Yield predictions are predictions of the number of good products that can be obtained from a wafer being inspected. Semiconductor production involves a large number of processes, and if an inspection indicates that there a large number of killer defects on a wafer, it may be more cost effective to discard the wafer.

[0025]

The term "killer defects" as used herein shall refer to defects that ultimately make faulty products of chips containing the defects. By considering the yield prediction results, the number of products to be produced, and the shipping date, the number of products to be set under production on next can be determined. To achieve this, ADR and ADC processings must be performed to automatically determine the criticality of each defect and predict the product yield for the wafer. The categorization based on criticality is performed based on different standards from the categorization based on the visual observation of defects described above.

[0026]

Also, in ADC processing according to the conventional technology, training data must be created. To have a high rate of accuracy in classification, a large number of sample defects with various variations must be collected and registered. However, semiconductor production cycles have been getting shorter and shorter in recent years, making the allocation of time to collect an adequate volume of sample defects

difficult. Based on these considerations, there is a need for ADR and ADC features that perform an automatic classification based on both defect criticality and visual features of defects and that also do not require the work involved in creating training data. Embodiments of the present invention, which overcomes these problems, will be described below.

[0027]

Fig. 4 shows a sequence of classification operations performed by an automatic image classification device according to an embodiment of the present invention. Fig. 5 (a) shows an overall architecture of the automatic image classification device according to one embodiment of the present invention. Fig. 5 (b) shows an architecture of an image capturing module.

[0028]

The present device according to one embodiment includes an image capturing module 501, a general control module 502, an image classification module 503, an image storage module 504, and an input/output module 505. First, a wafer 551 is mounted on a stage 552. Inspection results for this wafer are read by the general control module 502.

Next, using the input/output module 505, the operator specifies any number of defects to be processed by APR out of the defects from the inspection results. The selections are stored in the general control module 502.

[0029]

When ADR processing is started, the stage is moved to align each defect

to be processed by ADR into the field of view of the device and an image of the defect portion is captured.

[0030]

Fig. 5(b) shows an electron beam image capturing system. An electron gun 553 irradiates an electron beam 555, which is focused by a condenser lens 554. Deflectors 556 deflect the path so that the beam is scanned in the X and Y directions in the figure. The beam is focused by an objective lens 562 and reaches the wafer 551.

[0031]

Secondary electrons and reflected electrons (hereinafter referred to collectively as secondary electrons) are generated at the surface of the wafer to which the electron beam is irradiated. These secondary electrons are detected by detectors A, B, C, D (557 - 560). The intensities of the detected secondary electrons are converted into electronic signals, which are then amplified and converted into an image signal in which intensity is represented by brightness. The image is displayed by the input/output module 505 or is converted to digital data and stored in the image storage module 504.

[0032]

With regard to the detectors, the detector A 557 and the detector B 558 is disposed above the wafer and the detector C 559 and the detector D 560 are disposed at angles with the wafer. In the figure, the detector C 559 and the detector D 560 are in 180 degree symmetry relative to the wafer, but this angle does not need to be 180 degrees. The detector A 557 detects secondary electrons generated by the wafer 551 due to the irradiation of the electron beam 555 on the wafer 551. The secondary

electrons radiating in the Z direction in the figure are deflected in the direction of the detector A 557 due to the operation of the magnetic field and the electric field of an $E \times B$ deflector (not shown in the figure) disposed above the deflectors 556 and detected by the detector A 557. The image captured by the detector A will be referred to below as the "secondary electron image".

[0033]

Also, an energy filter 561 having a voltage difference V_f is disposed between the detector A 557 and the detector B 558. As a result, the secondary electrons discharged from the wafer with energy less than V_f do not pass through the filter and are detected by the detector A 557. The secondary electrons with energy greater than V_f pass through the filter and are detected by the detector B 558.

[0034]

The image obtained from the signals detected by the detector B 558 will be referred to as the "energy filter image". This energy filter image allows defects to be detected through voltage contrast differences occurring on the wafer surface.

[0035]

Fig. 7 illustrates voltage contrast defects. This figure shows a cross-section of a semiconductor product. A SiO_2 film is formed on a Si substrate, and plugs are made of W (tungsten). The figure shows examples of normal contact area between a plug and the Si substrate, no contact area (an open defect), and a large contact area formed by two plugs connected to each other (a short defect).

[0036]

When these types of contact area differences are present, the voltage at the wafer surface varies due to differences in the current paths (the dotted lines in the figure) from the wafer surface to the bottom surface. These voltage differences affect the intensity of the secondary electrons generated from the wafer surface, which allows the differences between the defective areas and normal areas in the captured image to be detected as contrast differences.

[0037]

To emphasize the differences between the voltage contrast defect areas and the normal areas, the differences in energy distribution of the secondary electrons generated from different portions are used. In areas with relatively low energy, significant differences in secondary electron intensity are not seen, but in areas with relatively higher energy, differences in secondary electron intensity between normal areas and defect areas (open and short defects) are detected. Thus, V_f is set to an energy value that allows the differences in secondary electron intensity to be prominent so that only secondary electrons having an energy greater than a certain value are detected by the detector B 558. As a result, voltage contrast defects can be detected.

[0038]

The detector C 559 and the detector D 560 detect secondary electron images of the wafer surface from angles to the left and to the right. The images detected by the detector C 559 and the detector D 560 are referred to as the "left/right images" in this description. This is because the images obtained from the detector C 559 and the detector D 560 are taken from the left and from the right, as opposed to the detector

A 557 that detects secondary electron images from above the wafer.

[0039]

The defects are imaged so that their positions within the different images captured by the detectors are identical. In other words, identical coordinates on the different images will correspond to the same position on the wafers. In this example, the images are set up to be captured at the same time, but this is not always needed. The images can be captured with timing offsets.

[0040]

When an electron beam image is captured, the irradiated electrons generally generate a charge-up effect in which the wafer becomes charged. When the wafer is charged up, the intensity distribution of the secondary electrons and the like from the wafer can change and result in a captured image that is out of focus. In such cases, an ultraviolet light (ultraviolet light irradiation system not shown in the figures) can be irradiated to the wafer in order to let the charged electrons escape.

[0041]

Furthermore, when capturing wafer images with review SEM processing, there is a risk that charge-up during defect inspections using electron-beam visual inspection devices and the like may affect image capturing during the review operation. In such cases, an ultraviolet light (ultraviolet light irradiation system not shown in the figures) can be irradiated to the wafer in order to let the charged electrons escape before the review processing.

[0042]

After imaging the defect portion using the imaging means described

above, the stage is moved to a chip adjacent to the chip containing the defect portion, and further to a portion of the chip that has the same pattern as that of the defect portion. An image is captured in the same manner as described above. This image is referred to as a reference image. Reference images are detected by the detectors A, B, C, D (557 - 560) and are stored in the image storage module 504 in the same manner as the defect image. Once the defect images and the reference images have been captured for one defect, imaging is performed for the next defect. This sequence is repeated until all the defects to be processed by ADR have been imaged.

[0043]

Fig. 6 shows a sequence of operations for an automatic defect classification (ADC) processing performed by the image classification module 503. This ADC processing can be performed either synchronously or asynchronously with the image capturing operations.

In the ADC processing, an automatic classification based on two different sorts of guidelines is performed and two category codes are output. In the following description, one will be referred to as categorization A and the other will be referred to as categorization B. Categorization A is a category in which defects are classified using the visual appearance of the defects as the guideline. Categorization B is a category in which defects are classified using the criticality of the defects as the guideline. First, the contents of categorization A will be described.

[0044]

Fig. 8 shows an example of classification categories for

categorization A. In categorization A, each defect is classified automatically as one of these categories. The "other" category is a category for defects that do not belong to any of categories other than "other". In categorization A, three types of defect information are calculated from each captured image: (1) defect surface shape information; (2) circuit pattern defect information; and (3) voltage contrast defect information. Then, these types of defect information are used to perform classification.

[0045]

Fig. 9 shows differences in surface shapes for different defect variations. A particle adhering to the surface results in a protrusion on the surface. A flaw defect results in an indentation that looks like a section has been dug out of the surface. Circuit pattern shorts and circuit pattern opens (hereinafter referred to as circuit pattern defects) do not show surface shape differences. This type of defect surface shape information, which indicates such circuit pattern defects, can be detected as quantitative data through the use of the left/right images.

[0046]

Fig. 10 shows schematic representations of left and right images of a particle, a flaw defect, and a circuit pattern defect. A protruding defect such as from a particle and an indented defect such as from a flaw will show opposite types of shadows in the left and right images. Defects where the surface is flat will not show shadows. This is due to the fact that when irradiation is applied from one direction, shadows will be formed in the opposite directions. As a result, the direction

in which shadows are formed and the position information of the defect portions obtained from the differential image resulting from the defect image and the reference image can be used to determine if a defect is protruding, indented, or neither. This provides the defect surface shape information.

[0047]

Next, circuit pattern defect information will be described. Fig. 11 shows schematic examples of circuit pattern defects. Circuit pattern defects include open defects where a circuit pattern 1101 is broken, and short defects where a circuit pattern is expanded and comes into contact with an adjacent pattern. Additionally, there are half-open defects where the pattern is narrowed but not broken, and half-short defects where the pattern is expanded but not in contact with an adjacent pattern. These defects can be detected using the method described below.

[0048]

First, a circuit pattern area is recognized from a secondary electron reference image. Fig. 12 shows an example of a method for recognizing circuit patterns. Fig. 12 (a) shows an image of circuit pattern areas 1201 and background areas 1202. Fig. 12 (b) represents a cross-section of the signal intensity of the image, where the vertical axis represents image intensity, i.e. brightness. Fig. 12 (b) shows that the circuit pattern areas are brighter than the background areas. Thus, by setting up a threshold value as shown in Fig. 12(b) and converting the image to a bi-level image, the circuit pattern areas can be emphasized as shown in Fig. 12 (c), where the background areas are white and the circuit pattern areas are black. Fig. 12 (d) shows the result obtained when the

same operation is performed on a defect image.

[0049]

Circuit pattern defect information can be obtained by comparing the circuit pattern images of a defect image and a reference image, i.e. by comparing Fig. 12 (c) and Fig. 12 (d). For example, by studying the connections in the circuit patterns (the black areas in the figure) around the defect portion, an evaluation can be made of whether a circuit pattern is open or there is contact (a short) with another circuit pattern. Also, a defect can be evaluated as open or short by calculating the differential image of these two circuit pattern images and determining if the area extracted as the difference is a circuit pattern area or a background area. The information obtained through these operations (circuit pattern open, circuit pattern half-open, circuit pattern short, and circuit pattern half-short) is the circuit pattern defect information.

[0050]

Next, voltage contrast information will be described. As mentioned in the discussion of the image capturing principle, an energy filter image can be used to detect voltage contrast defects. Voltage contrast defects refer to shorts or opens of vertical patterns on the wafer (e.g., a hole pattern connecting an upper-layer circuit pattern and a lower-layer circuit pattern). As shown in the schematic drawings in Fig. 13, short defects are brighter than normal areas in energy filter images, while open defects are darker than normal areas. Thus, by comparing the gradation values of defect areas with those of normal areas, a defect can be determined to be short or open. This provides the voltage contrast defect information.

[0051]

Once the three types of defect information described above have been calculated for a defect, this information is used for category evaluation. Fig. 14 shows a table illustrating an example of category evaluation. The table for category evaluation based on surface shape information and circuit pattern defect information is shown to make the table easy to read. The table shows the relation between defect attributes obtained from surface shape information (protrusion, indentation, other) and attributes obtained from circuit pattern defect information (short, half-short, open, half-open).

[0052]

The names shown in the fields of the table are the judgment category names. These category names are selected from the categories shown in Fig. 8. With this table if the defect surface shape information is "protrusion", the defect will be evaluated as a particle no matter what the circuit pattern defect information is. The voltage contrast information can be handled in the same manner.

[0053]

By using this type of table, final categories can be determined from combinations of multiple types of defect information obtained using different types of captured images. The values in this table can be modified as appropriate according to the particular semiconductor production line in which this automatic classification device is used. To do this, the operator uses the input/output module 505 to change the contents of the table according to the defects generated in the production line and the production processes involved. This concludes the

discussion of categorization A.

[0054]

Next, categorization B will be described. In categorization B, the degree of criticality that a defect has on the product is evaluated. The evaluation categories in categorization B are "killer defect" and "non-killer defect".

[0055]

Electronic characteristics of semiconductor products are inspected with the use of LSI testers and memory testers before shipment. One method for product inspection involves providing an input signal to a terminal on the semiconductor chip and comparing the signal output from another terminal with an expected value. This is used to determine if the product is good or bad. Faults occur because the electronic characteristics are different between those of good products and those of bad products. The majority of faults are due to defects generated in the production stage, especially a contact between a circuit pattern and another pattern, a contact between a pattern and a particle, and the like.

[0056]

Fig. 15 (a), Fig. 15 (b), and Fig. 15 (c) are schematic diagrams showing examples of killer defects. Fig. 15 (a) shows a particle 1501 bridging gaps among multiple circuit patterns. In this case, the particle 1501 can cause the multiple circuit patterns to be connected. Thus, this type of a particle defect will often be a killer defect in relation to electronic characteristics.

Fig. 15 (b) shows a circuit pattern shorting another circuit pattern. This can lead to a killer defect in relation to electronic characteristics.

The same can be said for the open circuit pattern defect shown in Fig. 15 (c)

[0057]

Fig. 15 (d), Fig. 15 (e), and Fig. 15 (f) are schematic diagrams showing examples of non-killer defects. When the particle 1501 adheres to a portion of the wafer, as shown in Fig. 15 (d), its position is away from patterned areas so it is not critical in relation to electronic characteristics.

With the circuit pattern defect (half-short) shown in Fig. 15 (e) and the circuit pattern defect (half-open) shown in Fig. 15(f), the defects will not be killer-defects in relation to electronic characteristics if the narrowed area or expanded area are small respectively.

[0058]

Taking these issues into consideration, the classification processing for categorization B will be described. First, a method using the classification results from categorization A will be described. In this method, all defects belonging to categories evaluated in categorization A are determined to be in the same categories in categorization B respectively. For example, it is the case where short defects and open defects can be classified as "killer defects" and half-short defects and half-open defects can be classified as "non-killer defects". In this case, an attribute of either "killer defect" or "non-killer defect" can be applied to each of the categories from categorization A. When performing categorization B, this attribute can be looked up to allow automatic classification. These attributes can be set up flexibly by having the operator use the input/output module

505 to set up attributes.

[0059]

Next, an example where defects belonging to the same category in categorization A are classified in different categories by categorization B will be described with particle defects taken as examples. Fig. 16 shows a sequence of operations performed to evaluate criticality with regard to particle defects.

[0060]

First, a defect area is determined through differential image processing with the use of the defect and reference secondary electron images. Fig. 17(a) shows a defect image, Fig. 17 (b) shows a reference image, and Fig. 17 (c) shows a differential image. As shown in Fig. 17 (c), the difference between the defect image and the reference image may be dispersed as multiple sections, so a parameter indicating the defect area can be created with the use of these multiple sections. For example, it may be the maximum rectangular area 1701 that contains all the dispersed sections of the difference. And it can be stored as the defect area.

[0061]

Next, a circuit pattern area is recognized from the reference secondary electron image. This circuit pattern recognition can be performed in the same manner that the circuit pattern defect information is obtained in categorization A shown in Fig. 12. Evaluation of killer/non-killer defects is performed by examining the overlap between the recognized circuit pattern areas and the defect area.

[0062]

In the examples shown in Fig. 15 (a) and Fig. 15 (d), a defect is a "non-killer defect" if the particle area and the circuit pattern area are close but not touching. However, it is also possible to use the image to calculate the distance between the circuit pattern area and the particle area and to change the categorization to "killer defect" if the distance is smaller than a certain value, i.e. if the distance between the circuit pattern area and the particle area is smaller than a certain distance. The same criticality evaluation can be performed for flaw defects in addition to particle defects. This is the automatic classification processing performed in categorization B.

[0063]

In the description above, categorization B classifies defects into two types, i.e. "killer defects" and "non-killer defects". However, more detailed classifications can be made. Also, the degree of "killer" or "non-killer", i.e., the criticality rate (the probability that a defect will be critical), can be defined and used in classification.

[0064]

As described above, the categorization A and the categorization B in the ADC sequence result in an automatic classification where two different categories are applied to each defect. This sequence of operations is repeated until all the defects to be processed by ADC have been processed.

[0065]

The automatic classification can be performed for both categorization A and categorization B without the need for training data. In other words, this eliminates the work involved in creating training data which

includes definition of categories, collecting samples for each category, and registering training data.

[0066]

Next, a sample display of classification results will be shown. Fig. 18 shows an example of a display of categorized defects in the input/output module 505. In this figure, icons 1801 represent images in which defect images have been shrunk down. For each icon, a category display area 1802 displays a defect ID assigned by the inspection device and the categories from categorization A and categorization B. These icons are arranged in windows 1803. Defects placed in the same window belong to the same category. In Fig. 18, the windows represent categories from categorization A. The windows can be based on categorization B as well. Allowing the two display methods to be switched back and forth will make it easy for the operator to view the information.

[0067]

In the example shown in Fig. 18, the category from categorization A is shown in both the top of the window 1803 and in the category display area 1802, but it would also be possible to have it displayed in just one or the other.

[0068]

Fig. 19 shows another example of a classification result display. A wafer map 1901 displays a map of defect positions on the wafer. An image display area 1902 displays a defect image selected from the map by the operator. It would also be possible to have multiple images (secondary electron image, left/right images, and the like) displayed in a row.

[0069]

If the operator selects a category from a category display area 1903, defects corresponding to the selected category are highlighted on the map. This allows defect distributions to be observed by the category. A graph area 1904 displays a graph of defect counts by the category. The graph area 1904 can be used to display defect counts for each of the categories from categorization A and categorization B as well as defect counts for combinations thereof (e.g., defects that are both "particle" and "killer-defect").

[0070]

A yield display area 1905 displays a predicted yield. A predicted yield is a value indicating the number of chips estimated to be good relative to the total number of chips on the wafer. This is calculated based on the automatic classification results from categorization B. Each chip is examined for the presence of killer defects, and chips containing killer defects are considered faulty chips while chips not containing killer defects are considered good chips. This allows the predicted yield for the wafer to be calculated.

[0071]

If it is known beforehand that there is a correlation between defect categories and processes in which the defects are generated, this screen can also be used to display estimates of processes in which the defects were generated (not shown in the figure).

[0072]

For example, if it is known beforehand that the cause of circuit pattern short defects is a problem in the preceding etching process,

the user can use a pointing device such as a mouse to select a category from the category display area 1903, and then the estimated defect generation process based on the category name can be displayed on the screen. If defects belonging to a category selected by the user is displayed in a manner different from the other defects displayed on the wafer map 1901, the user can see both the process in which the defects were generated and the position information of the defects at the same time.

[0073]

Fig. 19 shows the wafer map 1901, the image display area 1902, the category display area 1903, the graph area 1904, and the yield display area 1905 displayed on the screen at the same time. However, the present invention is not restricted to this. It would also be possible to have any number of items out of the five items above displayed in combination, or the items can be displayed individually. On top of that, any of the items can be displayed in combination with other display items.

[0074]

For example, the wafer map 1901 and the yield display area 1905 can form one display screen. Alternatively, the wafer map 1901, the category display area 1903, and the yield display area 1905 can form one display screen. Alternatively, the wafer map 1901, the image display area 1902, and the yield display area 1905 can form one display screen.

[0075]

Also, the image display area 1902 can display images and display categories (from categorization A and/or categorization B), as shown in Fig. 18.

[0076]

Next, another embodiment of the present invention will be described. Fig. 20 shows a category structure diagram used in an automatic image classification device according to the present invention. The system categories referred to here are categories from categorization A of the embodiment described above. The image categories are categories created by the operator. The lines between the system categories and the image categories indicate links between categories, and each image category is included in a system category that it is linked to. A single system category can be linked to multiple image categories. These links allow a single system category to break into multiple image categories.

[0077]

An example of image categories corresponding to the system category of "a particle" will be described.

[0078]

Multiple types of particles can be generated by different causes in a semiconductor production process. Since different measures are required to deal with these particles, they must be classified. Classifying these particle types is not possible with categorization A of the embodiment described above. Image categories are categories used to provide this type of detailed classification and are defined by the operator. Examples of image categories are shown in Fig. 21, which shows a black particle and a white particle. In this example, the use of image categories is illustrated when there are two types of particles with different colors.

[0079]

First, training data is created to classify these two types of particle defects. This involves collecting multiple images such as those shown in Fig. 21 to be used as "black particle" and "white particle" image samples. Then, classification feature values are calculated and stored for each category. This results in the creation of image category training data. These feature values are quantifications of particle appearances such as brightness of images and areas of defect portions. If, during categorization A of the automatic classification processing, one of the categories has been linked to image categories, the training data is referenced to determine which linked category the entry should belong to. This allows categorization A to be performed with higher precision, i.e. the classification for setting up measures against the causes of defects can be performed with higher precision.

[0080]

Also, these image categories can be used to increase the precision of the classification performed in categorization B. In the embodiment described previously, particles that bridge circuit patterns can lead to continuity between circuit patterns and therefore the particles are evaluated as "killer defects". However, if the particles are not conductive, they should be evaluated as "non-killer defects" even if they bridge multiple circuit patterns. In the previous example, if there are some data, e.g., molecular analysis results, to indicate that "black particles" are not conductive, these black particles should be evaluated as "non-killer defects" regardless of their locations.

[0081]

This is implemented by setting up a killer flag for image categories

if all the defects that belong to the image categories are known beforehand as "killer defects" and by setting up a non-killer flag for image categories if all the defects that belong to the image categories are known beforehand as "non-killer results". This work to set up a killer flag or a non-killer flag should be done when training categories are defined. When an automatic classification, in particular the automatic classification for categorization B, is performed, this information is referred to.

[0082]

Fig. 22 illustrates the sequence of operations performed for an automatic classification using the category structure including image categories.

[0083]

First, categorization A is performed. Specifically, (1) circuit pattern defect information, (2) surface shape information, and (3) voltage contrast information are calculated from the captured images and a system category for categorization A is determined. Then, the determined system category is checked to see if it has links to image categories. If there are such image categories, the image category most applicable is selected and this serves as the category determined by categorization A.

[0084]

Next categorization B is performed. If a defect is classified into an image category by categorization A, the image category is checked to see if a killer or non-killer defect flag is set up for it. If so, the flag is used as the classification result for categorization B. If

not, or if the automatic classification result from categorization A is a system category, categorization B is performed in the same manner as the embodiment described above.

[0085]

Fig. 23 shows a sample display of automatic classification results when image category training is performed. As in Fig. 18, each window shows a single category. In this figure, the windows display categories from categorization A. For categories ("particles") with links to image categories, the category name and the image category name are displayed to distinguish these from system categories (e.g., "pattern shorts" in the figure) that do not have links to image categories.

[0086]

If a system category has links to multiple image categories, as in the "particles" category shown in the figure, the results belonging to them are displayed in a row to allow easy visual recognition that the results belong to the same system category. As with Fig. 18, the screen Fig. 22 can be switched to windows based on categories from categorization B.

[0087]

The above description has presented the flow of operations for representative device architectures and automatic classification processing according to an embodiment of the present invention. In this description, the examples where two classifications that use two different guidelines, that is, categorization A and categorization B, are performed with the use of four imaging detection systems that capture images of defect portions using their different features (discharged

secondary electrons, reflected electrons, energy of absorbed electrons, and discharge directions thereof) have been described. However, the present invention is not restricted to this.

[0088]

For example, three different classifications can be implemented by introducing a classification based on a new categorization guideline C. An example of categorization C is a classification based on defect size. In this case, the distribution of killer/non-killer defects (the classification from categorization B) classified by defect size and defect appearances (the classification from categorization A) classified by defect size can be seen, and also the correlation between the above-mentioned distributions can be seen. The classification based on defect size refers to, for example, the classification where defects with the longest diameter of their defect areas 0.5 microns or less are classified into S, defects with the longest diameter of their defect areas 0.5.-1 micron into M, and defects with the longest diameter of their defect areas 1 micron or greater L. Thus many categorization types based on different guidelines can be defined as needed. This provides more useful data to set up measures and the like to deal with defects.

[0089]

Also, in addition to semiconductor products, the ideas behind the present invention can be implemented for defect inspections and defect classifications in the production of various types of industrial products.

[0090]

[Effect of the Invention]

With the embodiments of the present invention, defects generated in a semiconductor wafer production process are classified automatically based on defect appearances so that information useful for determining the cause of defects can be provided. Furthermore, a classification is performed using the criticality of defects to the product as a guideline, which is a guideline that is distinct from the causes of defects. This provides product yield prediction information, which is needed for setting up production planning and the like. Also, the work needed to set up a defect database for classification is reduced.

[Brief Description of the Drawings]

[Fig. 1]

Fig. 1 is a block diagram showing an architecture of a system for inspecting defects in semiconductor material.

[Fig. 2]

Fig. 2 is a drawing showing the flow of operations performed in ADR processing in a conventional technology.

[Fig. 3]

Fig. 3 is a drawing showing a flow of operations performed in ADC processing in a conventional technology.

[Fig. 4]

Fig. 4 is a drawing showing a sequence of operations performed in ADR processing in an automatic image classification device according to the present invention.

[Fig. 5]

Fig. 5 (a) is a block diagram showing an architecture of an automatic

image classification device according to one embodiment of the present invention.

Fig. 5 (b) is a front view showing a schematic architecture of an image capturing module.

[Fig. 6]

Fig. 6 is a drawing showing a sequence of operations performed in ADC processing in an automatic image classification device according to one embodiment of the present invention.

[Fig. 7]

Fig. 7 is a cross-sectional view of a wafer for the purpose of illustrating voltage contrast defect imaging principle.

[Fig. 8]

Fig. 8 is a drawing showing examples of categories according to one embodiment of the present invention.

[Fig. 9]

Fig. 9 shows plan views and cross-sectional views schematically showing differences in surface shapes in different types of defects.

[Fig. 10]

Fig. 10 shows images corresponding to plan and cross-sectional views of a wafer in which defect types and left and right images are schematically indicated.

[Fig. 11]

Fig. 11 shows plan views of a wafer in which circuit pattern defects are indicated schematically.

[Fig 12]

Fig. 12(a), Fig. 12(c), and Fig. 12(d) show plan views of a wafer.

Fig. 12(b) illustrates image signal intensities associated with Fig. 12(a).

[Fig. 13]

Fig. 13 is a voltage contrast image associated with plan views of a wafer.

[Fig. 14]

Fig. 14 is an example of a table used to perform categorizing.

[Fig. 15]

Fig. 15 is a plan view of a wafer in which killer and non-killer defects are indicated schematically.

[Fig. 16]

Fig. 16 shows a sequence of operations performed in a criticality evaluation procedure for particle defects.

[Fig. 17]

Fig. 17 is a defect image showing a sequence of operations for evaluating criticality.

[Fig. 18]

Fig. 18 is a front view of a display screen showing an example of a classification result display.

[Fig. 19]

Fig. 19 is a front-view of a display screen showing an example of a classification result display.

[Fig. 20]

Fig. 20 is an example of a category structure in an automatic image classification device according to the present invention.

[Fig. 21]

Fig. 21 is a plan view of a wafer in which sample defects are indicated schematically.

[Fig. 22]

Fig. 22 shows a sequence of operations performed in a classification operation in an automatic image classification device according to the present invention.

[Fig. 23]

Fig. 23 is a front view of a display screen showing an example display of classification results.

[Description of Reference Numerals]

101...visual inspection device, 102...particle inspection device, 103...network, 104...database, 105...reviewing device, 501...image capturing module, 502...general control module, 503...image storage module, 504...image classification module, 505...input/output module, 551...wafer, 555...electron beam, 557...detector A, 558...detector B, 559...detector C, 560...detector D, 561...energy filter, 1101...circuit pattern, 1201...circuit pattern area, 1202...background area, 1501...particle, 1701...rectangular area, 1801...icon, 1802...category display area, 1803...window, 1901...wafer map, 1902...image display area, 1903...category display area, 1904...graph area, 1905...yield display area

[Document Name] ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

[Abstract]

[Object] An automatic image classification method and an automatic image classification device are provided, wherein the images of defects, which are generated in a semiconductor wafer production process and detected by a device for inspecting defects, are captured and information that is needed in setting up measures against the causes of the defects and with the use of the images of the defect portions, information that is needed in the yield prediction for the wafer to be inspected are output.

[Constitution] A defect classification device is configured with the following means: an imaging means that captures images of objects to be inspected; a defect candidate extracting means that extracts defect candidate images from the images obtained from the imaging means; a first category classifying means that classifies defect candidate images extracted with the defect candidate extracting means into a first category; a second category classifying means that classifies defect candidate images extracted with the defect candidate extracting means into a second category; and an outputting means that outputs defect candidate images and first category information of defect candidates classified by the first category classifying means and second category information of defect candidates classified by the second category classifying means.

[Selected Drawing] Fig. 5